

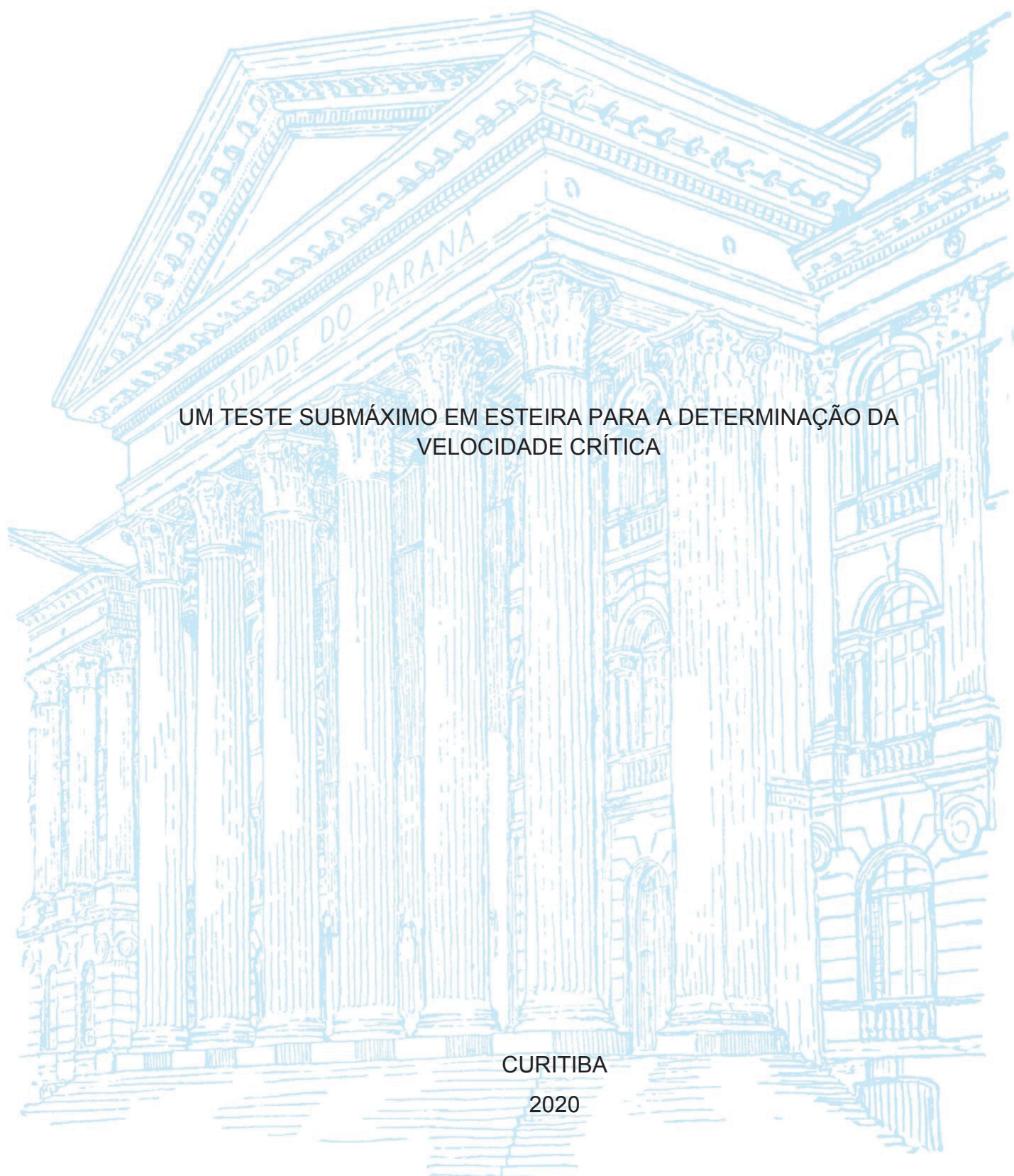
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIO FOLLADOR

UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA
VELOCIDADE CRÍTICA

CURITIBA

2020



LUCIO FOLLADOR

UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA
VELOCIDADE CRÍTICA

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Gregorio da Silva

CURITIBA

2020

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Follador, Lucio

Um teste submáximo em esteira para a determinação da velocidade crítica. / Lucio Follador. – Curitiba, 2020.

126 p.: il.

Orientador: Sergio Gregorio da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Exercícios físicos. 2. Corridas. 3. Psicofisiologia. 4. Esforço físico. 5. Princípio do prazer-desprazer. I. Título. II. Silva, Sérgio Gregório da, 1958-. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (22. ed.) 613.7172



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO FÍSICA -
40001016047P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LUCIO FOLLADOR** intitulada: **"UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA"**, sob orientação do Prof. Dr. SERGIO GREGORIO DA SILVA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 28 de Julho de 2020.

Assinatura Eletrônica
10/09/2020 09:39:46.0
SERGIO GREGORIO DA SILVA
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
28/07/2020 20:09:44.0
MARESSA PRISCILA KRAUSE MOCELLIN
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
28/07/2020 17:54:13.0
WAGNER DE CAMPOS
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
29/07/2020 05:06:07.0
COSME FRANKLIN BUZZACHERA
Avaliador Externo (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA)

Assinatura Eletrônica
28/07/2020 17:53:34.0
VALDOMIRO DE OLIVEIRA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio incondicional da minha família, que sempre me incentivou e proporcionou a estrutura para eu prosseguir nos estudos. Ao meu professor orientador, Sergio Gregorio da Silva, pelos ensinamentos, pela confiança em mim depositada e pela riqueza de experiências oportunizadas durante o curso. Agradeço também aos professores Wagner de Campos, Valdomiro de Oliveira, Cosme Franklin Buzzachera, Maressa Priscila Krause Mocellin, Paulo Cesar Barauce Bento, Rodrigo Siqueira Reis, Ron Martinez, Tácito Pessoa de Souza Jr., cuja riqueza de conhecimentos contribuiu para a minha formação. Também registro o meu agradecimento aos professores Gleber Pereira, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFPR, Ricardo João Sonoda Nunes, coordenador do curso de Educação Física da UFPR, e Vidal Palacios Calderón, diretor de Centro de Educação Física e Desportos (CED) da UFPR. Agradeço também ao Rodrigo Waki, secretário do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, pela paciência e prontidão em me auxiliar.

Agradeço aos colegas, Edilson Borba, Ragami Chaves Alves, Sandro dos Santos Ferreira, Armando Bomfim, Vinícius Andrade e Ana Beatriz Pacifico, pelo auxílio e apoio durante o curso. Aos voluntários deste projeto, cuja dedicação foi fundamental para a pesquisa e aos demais professores e funcionários do Departamento de Educação Física da UFPR.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

Os métodos atuais para determinar a velocidade crítica (VC) são limitados pela necessidade de realizar um grande número de testes até a exaustão, a uma velocidade constante, ou a partir de várias corridas máximas, em dias separados. Os objetivos desta tese foram: (1) desenvolver um teste submáximo, em esteira, de 10 minutos de duração (T10), medir a sua confiabilidade e validade; (2) verificar a capacidade de predição do teste T10 relacionada ao desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km; e (3) comparar a dinâmica das respostas fisiológicas, de esforço e de prazer e desprazer durante corridas prescritas um pouco abaixo e um pouco acima da velocidade do teste T10. Para cumprir estes objetivos, 42 corredores de rua recreacionais participaram deste estudo (idade: $32,1 \pm 6,0$ anos, estatura: $172,7 \pm 7,4$ cm, massa corporal: $69,9 \pm 9,1$ kg, $\dot{V}O_{2\text{máx}} = 52,5 \pm 6,6$ mL/kg/min). A amostra foi composta por 31 homens e 11 mulheres com, no mínimo, dois anos de experiência em corrida. Os resultados demonstraram que o teste T10 é eficaz em determinar a máxima velocidade capaz de ser sustentada a partir de um metabolismo oxidativo em estado estável, ou seja, a VC. A confiabilidade do teste T10 foi confirmada a partir de um coeficiente de variação entre o teste e reteste, de 3,4% (IC 90%: 2,9, 4,1%) e um coeficiente de correlação intraclasse $r = 0,93$ (IC 90%: 0,89, 0,96). A validade do teste T10 foi confirmada com a comparação com um método convencional de determinação da VC (três testes, em pista, com distâncias diferentes e em dias distintos). Não houve diferenças significativas entre a velocidade do teste T10 ($3,86 \pm 0,51$ m/s) e o método convencional ($3,88 \pm 0,55$ m/s). O erro típico da estimativa foi de 0,14 m/s (IC 90%: 0,10, 0,16 m/s), enquanto o coeficiente de correlação para o teste T10 e a VC do teste de campo foi $r = 0,93$ (IC 90%: 0,88, 0,96). O teste T10 apresentou uma alta associação com o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km, sendo responsável por 81% da variação no desempenho destas corridas. Esse resultado mostra que a velocidade derivada do teste T10 está relacionada ao desempenho de endurance e, portanto, dá suporte à validade e à utilidade prática do teste. Em relação à dinâmica das respostas psicofisiológicas, os resultados demonstraram que pequenas variações na velocidade do teste T10 ($\pm 5\%$) causaram alterações no perfil do $\dot{V}O_2$ que são características do exercício realizado em diferentes domínios de intensidade. As diferentes velocidades também causaram percepções de esforço e sensações de prazer e desprazer distintas. A corrida realizada acima da velocidade do T10 resultou em um aumento mais acentuado na PSE, em comparação à corrida abaixo da velocidade do T10. As sensações de prazer e desprazer apresentaram um comportamento oposto ao do esforço percebido. Houve uma queda significativa da sensação de prazer, tanto na corrida abaixo, quanto na corrida acima da velocidade do T10. Porém, o declínio do prazer foi muito mais acentuado na corrida acima da velocidade do T10. A principal conclusão desta tese foi que um teste submáximo, em esteira, de 10 minutos de duração (T10), é uma ferramenta confiável e válida para a determinação da velocidade crítica. O T10, portanto, é uma alternativa viável aos múltiplos testes realizados em pista ou esteira, ou testes de esforço máximo para determinação da velocidade crítica.

Palavras-Chave: Domínios de intensidade do exercício. Estado estável metabólico. Corrida. Endurance. Psicofisiologia. Percepção do esforço. Prazer e desprazer.

ABSTRACT

Current methods to assess critical speed (CS) are limited by the need for subjects to perform a set number of time-to-exhaustion trials at a constant speed on a treadmill or through several maximal runs on separate days on a running track. This thesis aimed to: (1) develop a 10-minute submaximal treadmill test (T10), and assess its reliability and validity; (2) evaluate the efficacy of the T10 test in predicting performance of 5 km and 10 km road racing; and (3) compare the dynamics of physiological, exertional and pleasure and displeasure responses during runs prescribed slightly below and above the speed of the T10 test. Forty-two recreational road runners participated in this study (age: 32.1 ± 6.0 years, height: 172.7 ± 7.4 cm, body mass: 69.9 ± 9.1 kg, $\dot{V}O_{2\max} = 52.5 \pm 6.6$ ml/kg/min). The sample consisted of 31 men and 11 women who had at least two years of running experience. Results showed that the T10 test is capable to determine the maximum speed sustained from a steady state oxidative metabolism (i.e. CS). The reliability of the T10 test was confirmed through a coefficient of variation between test and retest of 3.4% (90% CI: 2.9, 4.1%) and an intraclass correlation coefficient $r = 0.93$ (90% CI: 0.89, 0.96). The validity of the T10 test was confirmed by comparing it with a conventional method of determining CS (three trials, on a track, with different distances and on different days). There were no significant differences between the speed of the T10 test (3.86 ± 0.51 m/s) and the conventional method (3.88 ± 0.55 m/s). The typical error of the estimate was 0.14 m/s (90% CI: 0.10, 0.16 m/s), while the correlation coefficient for the T10 test and the CS from the field test was $r = 0.93$ (90% CI: 0.88, 0.96). The T10 test showed a high association with performance in 5-km and 10-km races, being responsible for 81% of the variation in performance of these events. This result shows that the speed derived from the T10 test is related to endurance performance and, therefore, supports the validity and practical utility of the test. Regarding the dynamics of psychophysiological responses, results showed that small variations in the speed of the T10 test ($\pm 5\%$) caused changes in the $\dot{V}O_2$ profile that are characteristic of exercise performed in different domains of intensity. The different speeds also elicited different perceptions of effort and feelings of pleasure and displeasure. Running above the speed of the T10 resulted in a more marked increase in RPE compared to running below the speed of the T10. Feelings of pleasure and displeasure showed an opposite pattern to that of the perceived effort. There was a significant decline in feelings of pleasure, both during the trial below and the trial above the speed of the T10. However, the decline in pleasure was much more steeper during the trial above the speed of the T10. The main conclusion of this thesis is that a 10-minute submaximal treadmill test (T10) is a reliable and valid tool for determining critical speed. The T10, therefore, is a feasible alternative to the multiple tests performed on a track or treadmill, or tests of maximum effort to determine critical speed.

Keywords: Exercise intensity domains. Metabolic steady state. Running. Endurance. Psychophysiology. Perceived exertion. Pleasure and displeasure.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 - RELAÇÃO HIPERBÓLICA ENTRE POTÊNCIA/VELOCIDADE-TEMPO.....	20
FIGURA 2 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PC/VC E W'/D' A PARTIR DA TRANSFORMAÇÃO LINEAR $P-(1/\text{TEMPO})$ OU $V-(1/\text{TEMPO})$	21
FIGURA 3 - VALORES DE CONSUMO DE OXIGÊNIO ($\dot{V}O_2$; PAINEL SUPERIOR) E LACTATO SANGUÍNEO (PAINEL INFERIOR) DURANTE O EXERCÍCIO COM CARGA CONSTANTE EQUIVALENTE À POTÊNCIA CRÍTICA/VELOCIDADE CRÍTICA.....	25
FIGURA 4. CRONOGRAMA DA PESQUISA.....	30

ESTUDO 1

FIGURA 1 ANÁLISE DE BLAND-ALTMAN PARA A DIFERENÇA ENTRE O TESTE T10 E O RETESTE T10.....	46
FIGURA 2 PERFIL DO CONSUMO DE OXIGÊNIO EM UM PARTICIPANTE DO ESTUDO DURANTE O RETESTE T10.....	47
FIGURA 3 DERIVAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA (VC) ESTIMADA A PARTIR DO MODELO LINEAR DISTÂNCIA-TEMPO (TESTE DE CAMPO) COM LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ÁREA SOMBREADA) DE UM PARTICIPANTE DO ESTUDO.....	48
FIGURA 4 GRÁFICOS DE BLAND – ALTMAN DA RELAÇÃO (A) E DOS LIMITES DE CONCORDÂNCIA (B) ENTRE A VC ESTIMADA A PARTIR DO TESTE DE CAMPO E A VELOCIDADE DO TESTE T10.....	49
FIGURA 5 CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE OS TESTES DE VELOCIDADE CONSTANTE A 5% ABAIXO (CÍRCULOS ABERTOS) E 5% ACIMA (CÍRCULOS FECHADOS) DA VELOCIDADE DO TESTE T10.....	51
FIGURA 6 CONSUMO MÉDIO DE OXIGÊNIO (\pm DP) NOS DOZE PARTICIPANTES QUE CONCLUÍRAM OS TESTES DE VELOCIDADE CONSTANTE	

A 5% ABAIXO (CÍRCULOS ABERTOS) E 5% ACIMA (CÍRCULOS FECHADOS) DA VELOCIDADE DO TESTE T10.....	52
---	----

ESTUDO 2

FIGURA 1 PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10 UTILIZADOS NAS SESSÕES DE TREINAMENTO.....	67
FIGURA 2 DISTRIBUIÇÃO DA INTENSIDADE DE TREINAMENTO DE ACORDO COM AS ZONAS ASSOCIADAS AOS LIMIARES VENTILATÓRIOS (GET E VT2)...	68

ESTUDO 3

FIGURA 1 VALORES MÉDIOS DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO (PSE) DURANTE CORRIDAS EM ESTEIRA, ASSOCIADAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10.....	87
FIGURA 2 VALORES MÉDIOS DE SENSações DE PRAZER/DESPRAZER (D/P) DURANTE CORRIDAS EM ESTEIRA, ASSOCIADAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10.....	88

LISTA DE TABELAS

ESTUDO 2

TABELA 1	PERFORMANCE DOS PARTICIPANTES NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM (MÉDIA \pm DP).....	65
TABELA 2	VELOCIDADE MÉDIA \pm DP (m/s) EM VÁRIOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM, E SUAS DIFERENÇAS MÉDIAS EXPRESSAS COMO TAMANHO DO EFEITO DE COHEN (D) E IC DE 95%.....	66
TABELA 3	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (IC 95%) ENTRE A VELOCIDADE DO T10, O DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM E A VELOCIDADE ASSOCIADA AOS PARÂMETROS ENERGÉTICOS.....	69
TABELA 4	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (IC 95%) ENTRE AS VELOCIDADES DE TREINAMENTO E O DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM.....	69

ESTUDO 3

TABELA 1	CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO.....	84
TABELA 2	MÉDIAS (\pm DP) PARA AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DOS PARTICIPANTES DURANTE AS TRÊS CONDIÇÕES.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CCI	- Coeficiente de correlação intraclasse
CoV	- Coeficiente de variação
D'	- D prime
DP	- Desvio padrão
FC	- Frequência cardíaca
$FC_{\text{máx}}$	- Frequência cardíaca máxima
GET	- Limiar de trocas gasosas/respiratórios
IC	- Intervalo de confiança
IMC	- Índice de massa corporal
kg	- Quilograma
km	- Quilômetros
LoA	- Limites de concordância
LT	Limiar de lactato
M	- Média
m	- Metros
min	- Minuto
mín	- Mínimo
máx	- Máximo
mL	- Mililitros
MLSS	- Máximo estado estável de lactato
P/D	- Prazer ou desprazer
P-t	- Potência-tempo
PARQ	- <i>Physical activities readiness questionnaire</i>
PC	- Potência crítica
PSE	- Percepção subjetiva do esforço
R_2	- Coeficiente de determinação
RCP	- Ponto de compensação respiratória
s	- Segundos
T10	- Teste submáximo, em esteira, de 10 minutos de duração
vT10	- Velocidade associada ao T10
V-t	- Velocidade-tempo

V_C	- Velocidade crítica
VT_2	- Segundo limiar ventilatório
$\dot{V}O_2$	- Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$	- Consumo máximo de oxigênio
$v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$	- Velocidade associada à obtenção do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$
W'	- W prime

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	A RELAÇÃO ENTRE O TRABALHO MUSCULAR E O TEMPO ATÉ A EXAUSTÃO	16
2.2	CARACTERÍSTICAS DA RELAÇÃO POTÊNCIA (VELOCIDADE) – TEMPO..	18
2.3	PERFIL FISIOLÓGICO/METABÓLICO DA POTÊNCIA CRÍTICA OU VELOCIDADE CRÍTICA.....	20
2.4	MENSURAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA	23
2.5	APLICAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA AO EXERCÍCIO	24
2.6	FUNDAMENTAÇÃO PARA UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA.....	24
2.7	A VELOCIDADE CRÍTICA E AS SENSações DE PRAZER E DESPRAZER DURANTE O EXERCÍCIO	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS GERAIS	28
3.1	PARTICIPANTES	28
3.2	PLANEJAMENTO DA PESQUISA.....	29
3.3	AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA.....	30
3.4	AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE DA ESTEIRA.....	31
3.5	TESTE INCREMENTAL MÁXIMO EM ESTEIRA.....	31
3.6	TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA DETERMINAR A VELOCIDADE CRÍTICA.....	32
3.7	PROTOCOLO DE CAMPO PARA DETERMINAR A VELOCIDADE CRÍTICA.	33
3.8	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA.....	34

4	ESTUDO 1.....	35
4.1	INTRODUÇÃO.....	35
4.2	MÉTODOS	38
4.2.1	Participantes	38
4.2.2	Delineamento experimental.....	38
4.2.3	Determinação do GET, do $\dot{V}O_{2MÁX}$ e da $v\dot{V}O_{2máx}$	39
4.2.4	Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (t10).....	39
4.2.5	Teste de campo para a determinação da velocidade crítica.....	39
4.2.6	Testes em esteira com velocidade constante.....	40
4.2.7	Análise estatística	40
4.3	RESULTADOS.....	41
4.3.1	Confiabilidade entre o teste T10 e o reteste T10	41
4.3.2	Validade do teste T10.....	43
4.3.3	Testes de velocidade constante.....	46
4.4	DISCUSSÃO	49
5	ESTUDO 2.....	55
5.1	INTRODUÇÃO.....	55
5.2	MÉTODOS	58
5.2.1	Participantes	58
5.2.2	Delineamento experimental.....	58
5.2.3	Determinação do GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2MÁX}$ e $v\dot{V}O_{2MÁX}$	58
5.2.4	Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10).....	59
5.2.5	Análise dos hábitos de treinamento dos corredores	59
5.2.6	Análise estatística	59
5.3	RESULTADOS.....	61
5.3.1	Testes de laboratório	61
5.3.2	Análises das velocidades	61
5.3.3	Quantificação da carga de treinamento	62
5.3.4	Relação entre os parâmetros energéticos, variáveis de treinamento e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km.....	65
5.4	DISCUSSÃO	67

6	ESTUDO 3.....	74
6.1	INTRODUÇÃO.....	74
6.2	MÉTODOS	77
6.2.1	Delineamento experimental.....	77
6.2.2	Determinação do GET, $\dot{V}O_{2MÁX}$ e $v\dot{V}O_{2MÁX}$	78
6.2.3	Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10).....	78
6.2.4	Respostas fisiológicas, de esforço percebido e sensações de prazer e desprazer durante a corrida prescrita a partir da velocidade crítica predita pelo teste de 10 minutos	78
6.2.5	Percepção subjetiva do esforço	79
6.2.6	Sensações de prazer e desprazer	80
6.2.7	Análise estatística	80
6.3	RESULTADOS.....	81
6.3.1	Consumo de oxigênio	82
6.3.2	Frequência cardíaca	83
6.3.3	Percepção subjetiva do esforço	84
6.3.4	Valência afetiva.....	85
6.4	DISCUSSÃO	87
7	DISCUSSÃO GERAL	95
8	APLICAÇÕES PRÁTICAS	98
9	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	112
	APÊNDICE 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS HÁBITOS DE TREINAMENTO DE CORRIDA DOS PARTICIPANTES	115
	ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	118
	ANEXO 2 - FICHA DE HISTÓRICO PESSOAL E MÉDICO; QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA A ATIVIDADE FÍSICA – PAR-Q	124

ANEXO 3 - ESCALA DA PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO PARA CAMINHADA/CORRIDA <i>OMNI-WALK/RUN</i>	125
ANEXO 4 - ESCALA DE SENSAÇÃO.....	126

1 INTRODUÇÃO

A intensidade do exercício físico é um fator determinante das respostas fisiológicas ao treinamento, quer seja este prescrito para atletas ou não atletas. A prescrição da intensidade do exercício é geralmente baseada em métodos associados à frequência cardíaca e ao consumo de oxigênio (GARBER et al., 2011). Entretanto, estes métodos têm sido questionados por não representarem uma intensidade relativa à dinâmica da energética durante o exercício. Uma alternativa seria a prescrição da intensidade do exercício baseada nos domínios metabólicos identificados a partir do perfil do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$).

O estudo da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o exercício permitiu a caracterização de três domínios de intensidade (GAESSER; POOLE, 1996). O domínio moderado do exercício é marcado por um aumento no $\dot{V}O_2$ nos primeiros minutos do exercício para então atingir um estado estável que perdura até o final do exercício. O limite superior do domínio moderado é demarcado pelo limiar de trocas respiratórias (GET, do inglês *gas exchange threshold*) a partir de um teste incremental. O exercício no domínio pesado causa um componente lento adicional de $\dot{V}O_2$, que atrasa a obtenção de um estado estável e eleva o $\dot{V}O_2$ acima do previsto, enquanto o exercício no domínio severo promove um aumento no $\dot{V}O_2$ até atingir o seu máximo e o consequente surgimento da fadiga.

A potência crítica (PC) ou a velocidade crítica (VC), tem sido proposta como um parâmetro confiável para a demarcação da fronteira entre os domínios pesado e severo de intensidade do exercício, nos quais as respostas cardiorrespiratórias dinâmicas e musculares metabólicas diferem profundamente (JONES et al., 2019, 2010; POOLE et al., 2016). Nesse contexto, o exercício acima da PC/VC (domínio severo de intensidade) resulta no atingimento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e na exaustão, enquanto o exercício abaixo da PC/VC (domínio pesado de intensidade) resulta em um estado fisiológico estável, caracterizado por um $\dot{V}O_2$ e uma concentração de lactato estáveis, onde o exercício pode ser mantido por um período prolongado (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; GAESSER; POOLE, 1996; HILL; FERGUSON, 1999; POOLE et al., 1988).

Uma outra característica da VC é a sua associação com o desempenho nos eventos de endurance, em especial nas corridas de 5 km e 10 km, onde há uma maior

contribuição do metabolismo anaeróbico para o fornecimento de energia. Já foi evidenciado uma forte associação entre o desempenho na corrida de 10 km e a VC (KOLBE et al., 1995) ou entre a PC e o tempo para completar uma prova de 16,1 km de ciclismo (BLACK et al., 2014). Estas associações foram identificadas a partir dos métodos convencionais de determinação da VC. Ou seja, 3 a 5 testes exaustivos, em esteira ou em pista de atletismo, características estas, que podem limitar a aplicabilidade da VC no âmbito da corrida de rua. Nesta perspectiva, um único teste, de intensidade submáxima, para a determinação da VC poderia ampliar o uso deste parâmetro como uma ferramenta para a prescrição e o controle do treinamento da corrida de rua.

A VC também pode ser empregada para a prescrição do exercício. Neste sentido, o esforço percebido durante o exercício em diferentes domínios de intensidade também requer a atenção. A percepção subjetiva do esforço (PSE) é utilizada para medir subjetivamente o esforço e a intensidade do exercício, complementando medidas objetivas, como o $\dot{V}O_2$ e a FC (ROBERTSON; NOBLE, 1997). Além de diferentes intensidades promoverem respostas fisiológicas distintas, o exercício também influencia as valências afetivas, como as sensações de prazer e desprazer (P/D) (EKKEKAKIS; PARFITT; PETRUZZELLO, 2011). No âmbito da prescrição do exercício físico e aderência, a quantidade de esforço percebido e o prazer ou desprazer que os participantes experimentam podem influenciar sua atividade física futura. Atividades que causam uma sensação de prazer tendem a ser repetidas, enquanto o exercício extenuante e desprazeroso possivelmente será evitado no futuro. Assim, é fundamental a prescrição do exercício a partir de métodos que utilizem como referência os domínios de intensidade. A VC, por ser um demarcador do limite entre os domínios pesado e severo da intensidade do exercício, pode ser útil neste processo. Neste âmbito, a caracterização das respostas psicofisiológicas durante o exercício prescrito em diferentes velocidades relativas à VC pode vir a auxiliar a prática da prescrição do exercício.

Os métodos comumente utilizados para a determinação da VC envolvem várias corridas exaustivas (entre 3 a 5), em dias separados, em esteira ou em uma pista de atletismo, ou um teste *all-out* de três minutos de duração. A necessidade de se dispor de vários dias para realizar exercícios exaustivos para a determinação da VC pode impedir o uso deste parâmetro como uma ferramenta de prescrição e controle do exercício de endurance. Portanto, um único teste submáximo, em esteira, para a

determinação da VC seria atraente e poderia disseminar o uso da VC entre treinadores, atletas e corredores recreacionais.

Estas características da VC fazem deste parâmetro uma potencial ferramenta para ser utilizada no âmbito da prescrição e do controle do treinamento de endurance. Com vista nesta aplicabilidade da VC, esta tese foi desenvolvida em três estudos. O primeiro estudo da presente tese objetivou o desenvolvimento de um teste submáximo, em esteira, para a determinação da velocidade crítica. O segundo estudo procurou determinar se o teste submáximo, em esteira, para a determinação da VC apresenta alguma relação com o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km. Por fim, o terceiro estudo comparou a dinâmica das respostas de $\dot{V}O_2$, FC, PSE e sensação de P/D no exercício prescrito em velocidades 5% abaixo e 5% acima da VC determinada a partir do teste submáximo em esteira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta tese foi desenvolver um teste submáximo em esteira para determinar a velocidade crítica.

1.1.2 Objetivos específicos

Medir a confiabilidade de um teste submáximo em esteira para determinar a velocidade crítica.

Medir a validade do teste submáximo em esteira para determinar a velocidade crítica, a partir da sua comparação com um método convencional de campo, baseado na relação distância-tempo.

Examinar a relação entre a velocidade crítica determinada a partir do teste submáximo em esteira e o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km, em corredores recreacionais.

Identificar em qual percentual de velocidade, com referência na velocidade crítica determinada a partir do teste submáximo em esteira, corredores de rua recreacionais percorrem as provas de 5 km e 10 km.

Examinar a relação entre a velocidade crítica determinada a partir do teste submáximo em esteira e as velocidades adotadas em diferentes tipos de treinamento de corrida, em corredores de rua recreacionais.

Verificar possíveis diferenças entre as respostas de consumo de oxigênio, frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço e de prazer e desprazer, em diferentes velocidades de corrida, prescritas a partir da velocidade crítica estimada em um teste submáximo em esteira.

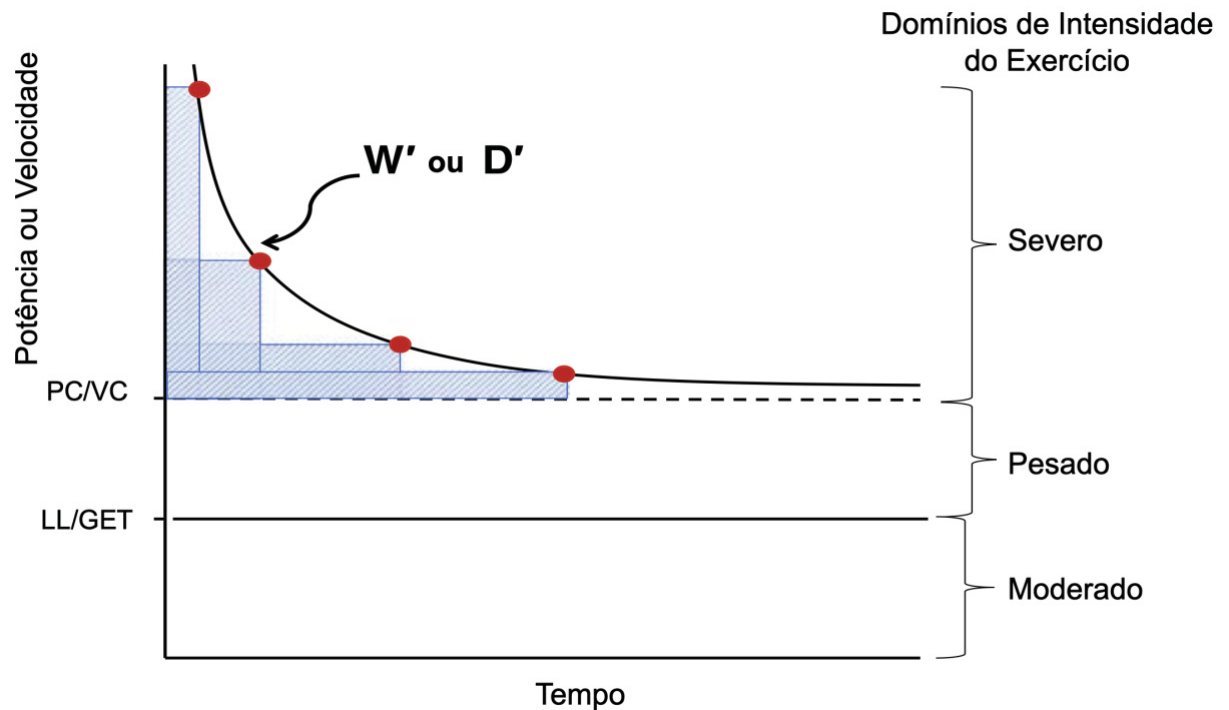
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A RELAÇÃO ENTRE O TRABALHO MUSCULAR E O TEMPO ATÉ A EXAUSTÃO

Nos anos 1920 a relação entre a velocidade e o tempo até a exaustão, durante o exercício físico, foi evidenciada a partir da representação gráfica da velocidade média dos recordes mundiais em várias provas de corrida, em função da duração destas provas (HILL, 1925). A partir desta relação, é possível derivar alguns parâmetros, dentre estes, a velocidade crítica (VC) ou potência crítica (PC), quando a relação é expressa utilizando a carga de trabalho muscular em função do tempo. Ambos os parâmetros são importantes no contexto do exercício físico e no ambiente esportivo, uma vez que podem ser utilizados para a prescrição e o monitoramento de programas de exercício físico e no treinamento de atletas.

A representação gráfica entre a velocidade de corrida e o tempo até a exaustão é caracterizada por uma relação curvilínea entre estes dois parâmetros. Esta relação é usualmente estabelecida quando o mesmo indivíduo realiza um mínimo de três corridas até a exaustão, em diferentes velocidades. É possível observar então que os pontos mais altos da curva são representados por velocidades elevadas e tempos de exaustão bem curtos, enquanto nos pontos mais baixos da curva estão as menores velocidades, porém com tempos de duração mais prolongados. De uma forma geral, quantos mais alta a carga de trabalho, menor será o tempo até a exaustão e vice-versa. Matematicamente, esta relação entre a velocidade ou a potência e o tempo até a exaustão é descrita por uma função hiperbólica (FIGURA 1) (POOLE et al., 2016). Quando a tolerância ao exercício é considerada, a assíntota da potência ou da velocidade é conhecida como potência crítica (PC) ou velocidade crítica (VC, quando a intensidade é medida em unidades de velocidade em vez de potência) e a constante da curvatura é conhecida como W' (*W prime*) e é medida em unidades de trabalho realizado (joules), ou D' (*D prime*) quando medida em unidades de distância (metros).

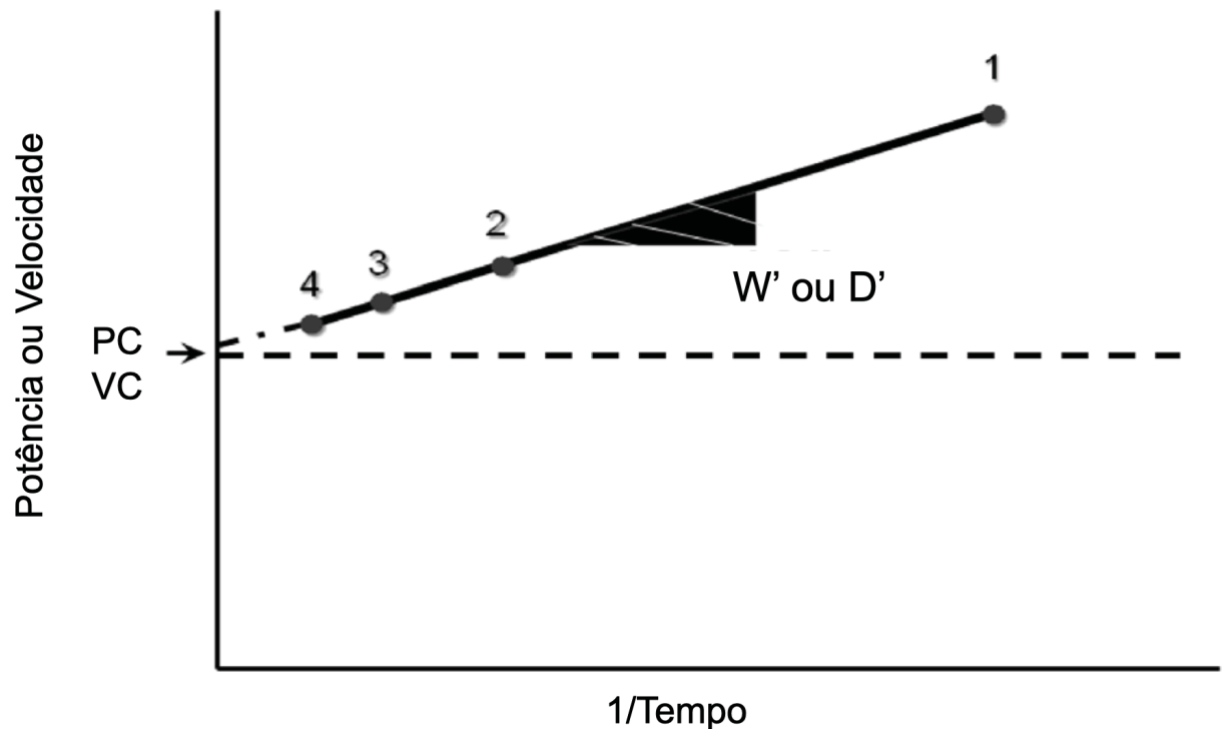
FIGURA 1 - RELAÇÃO HIPERBÓLICA ENTRE POTÊNCIA/VELOCIDADE-TEMPO. PC = potência crítica; VC = velocidade crítica; LL = limiar de lactato; GET = limiar de trocas gasosas; W' = capacidade anaeróbica de trabalho (joules); D' = capacidade anaeróbica de corrida (metros).



FONTE: Adaptado de Poole et al. (2016).

Esta relação hiperbólica entre a potência (P) ou a velocidade (V) e a duração (tempo; t) do exercício pode ser transformada em uma relação linear, caso o exercício realizado seja plotado em função do tempo, de tal forma que a inclinação da linha é igual à PC ou à VC , e a intersecção é igual à W' ou D' (FIGURA 2) (JONES et al., 2010).

FIGURA 2 - DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PC/VC E W'/D' A PARTIR DA TRANSFORMAÇÃO LINEAR $P-(1/\text{TEMPO})$ OU $V-(1/\text{TEMPO})$. PC = potência crítica; VC = velocidade crítica; W' = capacidade anaeróbica de trabalho (joules); D' = capacidade anaeróbica de corrida (metros).



FONTE: Adaptado de Jones et al. (2010).

2.2 CARACTERÍSTICAS DA RELAÇÃO POTÊNCIA (VELOCIDADE) – TEMPO

A PC foi definida inicialmente como a máxima taxa de trabalho de um músculo ou grupo muscular que pode ser sustentada sem a ocorrência da fadiga (MONOD; SCHERRER, 1965). Esta caracterização surgiu a partir da relação entre séries de exercícios, para grupos musculares isolados e com cargas constantes, porém com diferentes magnitudes para causar a fadiga em diferentes períodos de tempo. Posteriormente, esta relação entre a carga de trabalho e o tempo até a exaustão ($P-t$) foi demonstrada no exercício dinâmico em cicloergômetro, a partir de três testes até a exaustão, com diferentes cargas de trabalho (MORITANI et al., 1981). Nesta pesquisa, a PC foi caracterizada como a máxima taxa de reposição de energia durante o trabalho muscular sem a ocorrência da fadiga, apresentando, ainda, uma relação significativa ($r = 0,91$) com o limiar anaeróbico ventilatório, evidenciando a natureza aeróbica da relação trabalho-tempo.

Embora o conceito de PC seja mais aplicado em estudos utilizando o cicloergômetro, o seu uso também foi generalizado para a corrida. A relação hiperbólica P-t, foi também reproduzida a partir de um modelo que substituiu o cicloergômetro pela corrida em esteira, onde a velocidade (V) foi utilizada em substituição à potência (HUGHSON; OROK; STAUDT, 1984). Os resultados de seis corridas até a exaustão, em velocidades que variaram entre 19,2 km/h e 22,4 km/h, foram expressos em curvas de velocidade em função do tempo e então foram convertidos em uma linha reta, expressando a velocidade contra o inverso da duração (1/tempo). Os autores confirmaram a aplicabilidade do modelo hiperbólico da relação velocidade-tempo (V-t), relatando uma alta correlação entre a velocidade de corrida e o tempo até a exaustão ($r = -0,98$ a $-0,99$).

A definição original de PC como sendo a máxima taxa de trabalho sem a ocorrência da fadiga (MONOD; SCHERRER, 1965) ou a estimativa da quantidade de trabalho que pode ser mantida sem a ocorrência da fadiga (HILL, 1993) deve ser considerada apenas em teoria, pois, na prática, é impossível manter um exercício indefinidamente (VANHATALO; JONES; BURNLEY, 2011). Atualmente, é de conhecimento que a PC representa uma intensidade de trabalho na qual a tolerância ao exercício é previsivelmente limitada. Isto é, o exercício acima da PC pode ser sustentado por um tempo máximo aproximado de 30 minutos, em comparação ao exercício praticado abaixo da PC, o qual pode ser sustentado por períodos mais longos (JONES *et al.*, 2010). O tempo até a exaustão (T) para o exercício acima da PC é definido, e predito com precisão, a partir da equação 1 (VANHATALO; JONES; BURNLEY, 2011), ou a partir da equação 2 quando o análogo à PC, a VC é utilizada (HILL; FERGUSON, 1999):

$$T = W' / (P - PC) \quad (1)$$

$$T = D' / (V - VC) \quad (2)$$

Ambas as equações demonstram que o tempo até a exaustão (T) para o exercício acima da VC é uma função da proximidade da velocidade (V) relativa à VC e do tamanho do D' . Quando a V é consideravelmente acima da VC, a capacidade anaeróbica de corrida representada pelo parâmetro D' , será usada rapidamente e o

tempo até a exaustão será curto. Caso a V seja próxima à VC, o *D'* será usado mais lentamente e o tempo até a exaustão será maior.

2.3 PERFIL FISIOLÓGICO/METABÓLICO DA POTÊNCIA CRÍTICA OU VELOCIDADE CRÍTICA

Os estudos iniciais da relação P-t ou V-t indicaram algumas respostas fisiológicas ao exercício praticado em diferentes intensidades relativas à PC ou à VC. Foram observadas associações significativas entre a PC/VC e o consumo de oxigênio e os limiares de lactato e de trocas gasosas (MORITANI et al., 1981; POOLE et al., 1988; SMITH; JONES, 2001). Estas associações são importantes no contexto do exercício uma vez que o limiar de trocas gasosas (GET, do inglês *gas exchange threshold*) e o limiar de lactato (LT, do inglês *lactate threshold*), e as cargas de trabalho ou velocidades nas quais os mesmos são identificados estão relacionadas ao exercício de endurance. Especificamente, o GET demarca o limite superior do exercício moderado (POOLE; JONES, 2012). Alguns autores subdividem o GET em dois limiares ventilatórios (VT, do inglês *ventilatory threshold*). O primeiro limiar ventilatório (VT₁) indica o limite superior do exercício moderado, enquanto o segundo limiar ventilatório (VT₂) separa o exercício pesado do exercício severo (NEDER; STEIN, 2006). Da mesma forma, com o metabolismo do lactato também é possível identificar dois pontos distintos durante o exercício. No domínio moderado, há uma intensidade onde observa-se um aumento na concentração de lactato levemente acima dos seus níveis de repouso. Esta intensidade foi denominada de limiar aeróbico pois demarca o limite superior de um metabolismo quase que exclusivamente aeróbico, enquanto que o limiar anaeróbico é demarcatório de uma intensidade de exercício acima da qual há um aumento exponencial na concentração de lactato até o final do exercício (KINDERMANN, W; SIMON, G; KEUL, 1979). Este segundo limiar também é conhecido como o máximo estado estável da concentração de lactato (MLSS, do inglês *maximal lactate steady state*), demarcando a transição entre o metabolismo aeróbico e anaeróbico (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

A partir destas associações previamente relatadas, algumas pesquisas foram conduzidas na tentativa de estabelecer um perfil respiratório e metabólico da relação entre a carga de trabalho ou a velocidade e o tempo de duração do exercício. Foi constatado que a PC/VC está situada, aproximadamente, na metade da distância

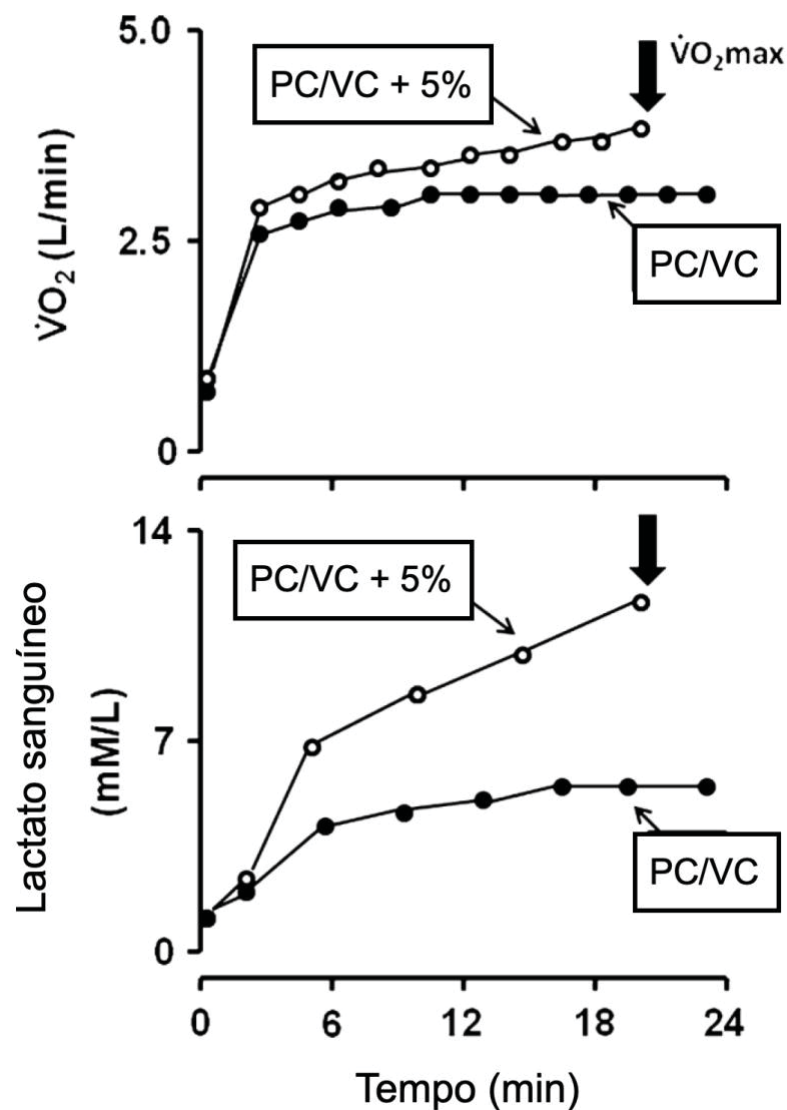
entre o limiar de lactato (LL) ou o limiar de trocas gasosas (GET) e a potência máxima atingida durante o exercício incremental (FIGURA 1). Entretanto, tanto o LT/GET e a PC/VC variam consideravelmente entre indivíduos, de acordo com suas condições de saúde e de aptidão física. Especificamente, o LT/GET ocorre entre 50%-65% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e a PC/VC está localizada entre 70%-80% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, em sujeitos jovens e saudáveis. Esta diferença entre o LT/GET e o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ é reduzida em indivíduos altamente condicionados, de forma que nestes indivíduos, o LT/GET e a PC/VC se aproximam, porém com a PC/VC sempre num patamar maior de consumo de oxigênio (JONES et al., 2010). Assim, a PC/VC parece ser um parâmetro distinto do LT/GET ou do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$.

Atualmente, a PC/VC é considerada como um parâmetro representante da maior taxa metabólica na qual a provisão de energia é derivada do metabolismo oxidativo (JONES et al., 2010; JONES; VANHATALO, 2017). Isto significa que, durante o exercício praticado na intensidade equivalente à PC/VC, o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) atinge um estado estável e não há acúmulo progressivo de lactato sanguíneo. Isto é, a taxa de produção de lactato nos músculos ativos é igual à taxa de remoção nos músculos e em outros tecidos. Em contrapartida, no exercício praticado acima da PC/VC, há um aumento constante do $\dot{V}O_2$ até atingir o seu valor máximo ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$), bem como um aumento progressivo na concentração de lactato até o término do exercício (POOLE et al., 1988) (FIGURA 3). Acima da PC/VC não é possível restabelecer a concentração muscular de fosfocreatina, bem como o pH não pode ser estabilizado, criando uma acidose metabólica (JONES et al., 2008). Ou seja, no exercício praticado acima da PC/VC não é possível atingir um estado fisiológico estável. Assim, a PC/VC pode ser considerada como um limiar que separa dois domínios de intensidade (FIGURA 1): (1) o domínio pesado, situado acima do LT/GET e abaixo da PC, no qual o $\dot{V}O_2$ e o lactato sanguíneo permanecem estáveis, e (2) o domínio severo, situado acima da PC/VC, onde ocorre um aumento constante, tanto do $\dot{V}O_2$, até atingir o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, como da concentração de lactato, até o término do exercício (GAESSER; POOLE, 1996; POOLE et al., 1988; POOLE; JONES, 2012). Dito de outro modo, a PC/VC representa o limite da carga de trabalho ou da velocidade acima da qual o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ pode ser atingido. Assim, a PC/VC demarca o limite inferior do domínio severo do exercício (HILL; POOLE; SMITH, 2002).

Em contrapartida, o W' (em joules) ou o D' (em metros) representam a máxima quantidade de trabalho que pode ser realizada acima da PC/VC, de modo que a

magnitude desta capacidade de trabalho permanece a mesma, não obstante a taxa de trabalho mantida acima da PC/VC (JONES et al., 2010). O W'/D' é formado pela energia armazenada na forma de fosfocreatina e glicogênio, e uma pequena contribuição aeróbica proveniente da mioglobina e do oxigênio armazenados na hemoglobina (MONOD; SCHERRER, 1965; MORITANI et al., 1981).

FIGURA 3 - VALORES DE CONSUMO DE OXIGÊNIO ($\dot{V}O_2$; PAINEL SUPERIOR) E LACTATO SANGÜÍNEO (PAINEL INFERIOR) DURANTE O EXERCÍCIO COM CARGA CONSTANTE EQUIVALENTE À POTÊNCIA CRÍTICA/VELOCIDADE CRÍTICA (PC/VC; SÍMBOLOS SÓLIDOS) E 5% ACIMA DA PC/VC (SÍMBOLOS VAZADOS). As flechas indicam o ponto de fadiga para o exercício 5% acima da PC/VC; observar a obtenção do $\dot{V}O_{2max}$. Durante o exercício equivalente à PC/VC, ambos o $\dot{V}O_2$ e o lactato sanguíneo atingem um estado estável.



FONTE: Adaptado de Poole et al. (1988).

2.4 MENSURAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA

A VC é caracterizada como a mais alta velocidade que pode ser mantida onde o $\dot{V}O_2$ e outras variáveis metabólicas, como a concentração de lactato sanguíneo, são mantidas em um estado estável (HILL; FERGUSON, 1999). A determinação dos parâmetros associados à VC pode ser realizada, em teoria, com apenas dois pontos, com o uso de modelos lineares. Na prática, o procedimento mais usual consiste na realização de ao menos três testes de corrida até a exaustão, em esteira ou em pista de atletismo, em velocidades diferentes e em dias alternados (BERGSTROM et al., 2017; GAMELIN et al., 2006; NIMMERICHTER et al., 2017). As velocidades escolhidas podem variar entre 95% a 120% da velocidade equivalente ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, determinada a partir de um teste incremental (GALBRAITH et al., 2014; HILL; FERGUSON, 1999; SMITH; JONES, 2001). Geralmente, estas velocidades devem resultar em tempos até a exaustão que variam entre 3 a 20 minutos (BERGSTROM et al., 2017; HUGHSON; OROK; STAUDT, 1984; SMITH; JONES, 2001). Os dados coletados são então analisados com o uso de regressões lineares.

As maiores limitações do procedimento de determinação da VC residem na necessidade da realização de múltiplos testes até a exaustão, em diferentes dias. Este fato torna o processo difícil, demorado e trabalhoso, tanto para o atleta, quanto para o treinador ou pesquisador. Na tentativa de remediar este inconveniente, algumas pesquisas desenvolveram abordagens, realizadas em pista de atletismo, que envolvem apenas um teste máximo de 3 minutos de corrida (PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012), ou a execução, num único dia, de três corridas com esforço máximo, com distâncias variadas e separadas por 30 minutos de descanso (GALBRAITH et al., 2014). Entretanto, estas abordagens ainda necessitam que as corridas sejam realizadas até a exaustão do indivíduo, o que pode limitar a sua aplicação apenas para pessoas com elevada aptidão física. É bem provável que indivíduos sedentários, com excesso de peso e pacientes clínicos não consigam, ou não seja recomendado, realizar o máximo de esforço durante uma tarefa física devido ao seu baixo nível de tolerância ao desconforto provocado pela exigência do exercício, ou ao risco inerente à saúde ao se exercitar em esforço máximo (EKKEKAKIS et al., 2016; EKKEKAKIS, 2013).

2.5 APLICAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA AO EXERCÍCIO

O conceito de VC como um parâmetro que delimita o exercício cujo metabolismo predominante é aeróbico (domínios moderado e pesado de intensidade) do exercício basicamente anaeróbico (domínio severo de intensidade) pode ser aplicado para a prescrição do treinamento de corrida. Nesta perspectiva, as corridas contínuas, lentas (“corridas fáceis”) ou rápidas (“corridas difíceis”), podem ser prescritas em intensidades abaixo ou equivalentes à VC, respectivamente, por serem caracterizadas pela predominância do metabolismo aeróbico e concentração estável de lactato sanguíneo. Já, a prescrição das corridas intervaladas, de alta intensidade, deve ser feita a partir de velocidades acima da VC, onde estados estáveis respiratórios e metabólicos não são possíveis de serem sustentados e os valores do $\dot{V}O_2$ se aproximam ou atingem o $\dot{V}O_{2máx}$ (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988, 2016). A corrida intervalada, quando prescrita em intensidade correspondente ao domínio severo (acima da VC) é capaz de aumentar a VC e por consequente, a performance durante a corrida (CLARK et al., 2013; POOLE; WARD; WHIPP, 1990). Da mesma forma que a prescrição do treinamento de corrida pode ser realizado a partir da VC, o seu controle ou monitoramento também pode ser feito com base neste parâmetro. A mensuração de alterações na VC ao longo do período de treinamento pode ter mais valor para o atleta e o técnico do que medidas laboratoriais de $\dot{V}O_{2máx}$ e limiares de lactato (JONES et al., 2010).

Apesar da significância fisiológica/metabólica associada ao conceito de VC, a estimativa dos seus parâmetros não é muito aplicada no meio esportivo. Possivelmente, uma das principais razões reside no fato da necessidade da realização de vários testes até a exaustão para a sua determinação.

2.6 FUNDAMENTAÇÃO PARA UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA

O exercício, quando praticado numa intensidade equivalente à VC ou abaixo desta, é caracterizado por um perfil respiratório representado por um estado estável de $\dot{V}O_2$ e por uma concentração estável de lactato, bem como na fosfocreatina muscular e no pH, possibilitando a sua prática por um tempo relativamente longo (JONES et al., 2008; POOLE et al., 1988). Em contrapartida, não é possível

estabelecer um estado estável, seja este respiratório ou de lactato, no exercício praticado acima da VC, o que causa a exaustão do praticante em poucos minutos (POOLE et al., 1988). Na prática, é possível inferir que se um indivíduo correr, em uma velocidade constante, igual ou abaixo da VC, a duração da atividade será relativamente longa, pois a demanda energética pode ser suprida de forma aeróbica. Em contrapartida, a corrida acima da VC dura poucos minutos, pois o metabolismo aeróbico não consegue suprir toda a demanda do exercício e o excesso da velocidade acima da VC deve ser suprido pelo metabolismo anaeróbico. Ou seja, a VC representaria a máxima intensidade de corrida onde é possível manter um estado fisiológico/metabólico estável.

A percepção do esforço durante o exercício físico incremental pode ser utilizada para identificar intensidades de esforço associadas aos domínios tradicionais de intensidade do exercício (SCHERR et al., 2013). Além disso, já foi constatado que ciclistas são capazes de autodeterminar a maior carga de trabalho (potência), possível de ser mantida por 30 minutos, compatível com um estado metabólico (concentração de lactato sanguíneo) estável (MATURANA et al., 2017). Estes resultados sugerem a possibilidade da utilização da percepção do esforço para a identificação de respostas fisiológicas compatíveis com diferentes domínios de intensidades do exercício. Ou seja, é possível conjecturar que, ao solicitar para o indivíduo autosselecionar a maior velocidade de corrida possível de ser mantida por um período relativamente longo, esta velocidade será caracterizada fisiologicamente por um estado estável, tanto do consumo de oxigênio, quanto da concentração de lactato sanguíneo.

A determinação da VC é usualmente feita a partir de múltiplos testes até a exaustão. Neste contexto, a determinação da VC a partir de um único teste, com intensidade submáxima, teria implicações importantes para o meio esportivo e a prescrição do exercício físico devido ao pouco tempo despendido para o teste e ainda, pela possibilidade de estender a sua aplicabilidade a indivíduos com diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória, com sobrepeso ou obesidade e populações clínicas.

2.7 A VELOCIDADE CRÍTICA E AS SENSações DE PRAZER E DESPRAZER DURANTE O EXERCÍCIO

A prática do exercício também está associada a respostas afetivas, isto é, sensações de prazer ou desprazer, tensão ou relaxamento, energia ou cansaço. Estas

sensações variam conforme a intensidade do exercício (EKKEKAKIS; PARFITT; PETRUZZELLO, 2011; FOLLADOR et al., 2018). Neste sentido, o exercício de baixa intensidade resulta em respostas afetivas que são majoritariamente positivas, enquanto o exercício intenso causa uma resposta afetiva oposta, isto é uma baixa sensação de prazer. Esta diminuição do prazer durante o exercício intenso está associada à incapacidade do organismo em manter um estado estável respiratório e metabólico, que resulta em sinais encaminhados ao cérebro, provenientes principalmente dos músculos e do sistema cardiorrespiratório, que são interpretados e traduzidos em uma elevada percepção do esforço e desconforto físico (EKKEKAKIS; HALL; PETRUZZELLO, 2005; ROBERTSON; NOBLE, 1997). Já, no exercício moderado, as respostas afetivas sofrem grande variabilidade interindividual. Comumente, estes níveis ou domínios de intensidade são demarcados a partir de limiares de trocas gasosas, como o limiar ventilatório, ou limiares metabólicos, a exemplo do limiar de lactato. Entretanto, a caracterização de ambos os limiares é realizada a partir de um teste incremental até a exaustão e com o uso de equipamentos sofisticados e de alto custo financeiro, o que limita a sua aplicabilidade.

A VC é um parâmetro que demarca o limite superior do domínio pesado do exercício, onde ainda é possível manter um estado estável de consumo de oxigênio e da concentração de lactato sanguíneo, estando associada aos limiares de trocas gasosas e de lactato (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988). Em contrapartida, o exercício realizado acima da VC compreende o domínio severo da intensidade, caracterizado por uma elevada participação do metabolismo anaeróbico e um aumento constante, tanto no consumo de oxigênio, como na produção de lactato, que perdura até o final do exercício, geralmente com a exaustão do indivíduo (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988). Considerando estes perfis respiratório e metabólico associados ao exercício praticado em intensidades relativas à VC, é interessante analisar as sensações de prazer e desprazer derivadas do exercício prescrito a partir deste parâmetro. A possibilidade de uma relação dose-resposta entre o exercício praticado em intensidades relativas à VC e as respostas afetivas poderia auxiliar na orientação da prescrição de programas de exercícios físicos que, além de garantir um mínimo de benefícios fisiológicos, fortaleceria o comportamento do ato de se exercitar. Partindo de uma perspectiva da promoção da prática do exercício, é possível que o hábito de se exercitar seja influenciado pelas respostas afetivas derivadas da sua

prática (WILLIAMS et al., 2008). Ou seja, quanto mais prazeroso for o exercício, maior será a chance de o indivíduo repetir este comportamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS GERAIS

Esta seção tem como objetivo descrever os métodos gerais aplicados nos experimentos delineados para cumprir os objetivos propostos no estudo.

3.1 PARTICIPANTES

A amostra do estudo foi composta por corredores de rua recreacionais, de ambos os sexos. O cálculo amostral foi realizado com base no coeficiente de variação (CoV). O CoV é um valor adimensional que quantifica o grau de variabilidade da medida em relação à média (KELLEY, 2007). Nesta abordagem, o objetivo é obter um intervalo de confiança para o CoV cuja amplitude seja suficientemente pequena, ilustrando assim, a esperada precisão com que o parâmetro foi estimado (KELLEY, 2007). O CoV médio para testes de PC/VC é de 1,3%, variando entre 1,8% a 6,7% (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). Estudos mais recentes relataram CoV para teste e reteste de confiabilidade da velocidade crítica, variando entre 0,4% e 2,6%, com amplitude do intervalo de confiança de 95%, variando entre 0,5% e 3% (GALBRAITH et al., 2011, 2014; TRISKA et al., 2017a). Assim, levando em consideração uma variação entre 0,4% e 2,6% para o CoV e desejando uma amplitude total de 1% para um intervalo de confiança de 90%, o cálculo amostral resultou entre 06 e 59 corredores de rua. Os cálculos foram realizados com o pacote *MBESS*, para R (KELLEY, 2018).

Os critérios de inclusão para a participação no estudo foram: (a) possuir entre 18 a 40 anos de idade; (b) apresentar tempos de provas em corridas de rua, nas distâncias de 5 km ou 10 km, inferiores a 25 min e 55 min, respectivamente, para o sexo masculino; (c) apresentar tempos de provas em corridas de rua, nas distâncias de 5 km ou 10 km, inferiores a 35 min e 65 min, respectivamente, para o sexo feminino; (d) apresentar um índice de massa corporal (IMC) inferior a 25 kg/m², para ambos os sexos; (e) estar treinando corrida regularmente há pelo menos 12 meses; e (f) apresentar respostas negativas em todos os itens do Questionário Revisado de Prontidão para Atividade Física (rPAR-Q, sigla do inglês *Revised Physical Activity Readiness Questionnaire*) (ANEXO 2).

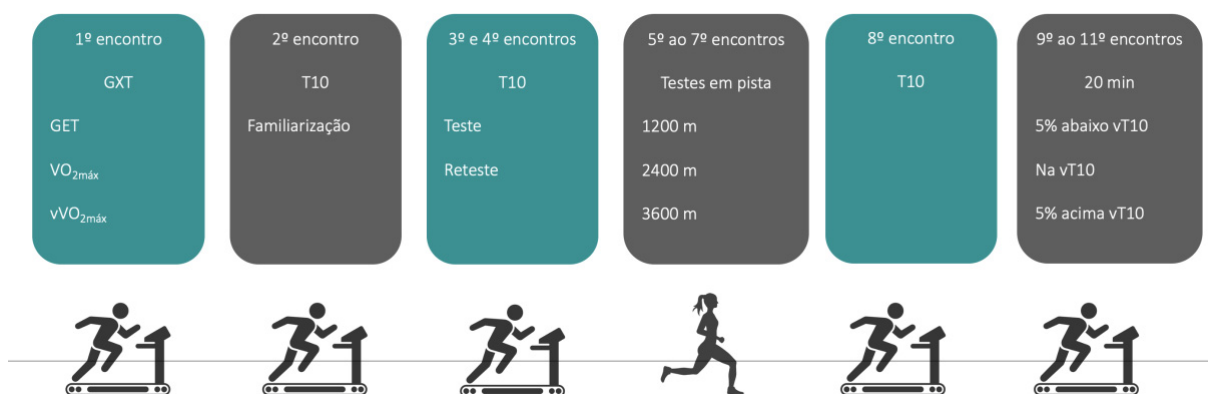
Anteriormente ao início do estudo, todos os participantes leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; APÊNDICE 1), aprovado pelo

Comitê de Ética em Pesquisa, do Setor de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Paraná (CEP/SCS: 3.474.189– CAAE: 15102819.5.0000.010; ANEXO 1). Este termo é composto por uma breve explanação sobre os objetivos da pesquisa, seus potenciais riscos e benefícios, além da garantia do anonimato dos dados, da participação voluntária e da possibilidade de sua interrupção a qualquer momento, caso o participante assim desejar.

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Cada participante foi submetido a 8 encontros no Laboratório de Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, e 3 encontros na pista de atletismo do Centro de Educação Física e Desportos, ambos da Universidade Federal do Paraná. Todos os testes foram completados no mesmo horário do dia para cada participante. Foi dado um intervalo mínimo de 24 horas entre os encontros. Todos os participantes foram instruídos a não realizar exercício físico extenuante no dia anterior aos testes físicos, assim como não ingerir alimentos com alto teor energético e/ou bebida contendo cafeína por um período anterior a três horas do início da sessão. Cada participante cumpriu o seguinte cronograma (FIGURA 4):

FIGURA 4. CRONOGRAMA DA PESQUISA.



FONTE: O autor (2020).

- 1º encontro: explanação dos objetivos do estudo, possíveis benefícios e riscos ao participante; assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, e preenchimento do rPAR-Q; mensuração dos dados antropométricos e ancoragem com as escalas de PSE para a corrida, escala de valência afetiva e com os

protocolos e procedimentos que foram utilizados no estudo; e teste incremental máximo, em esteira, para a determinação do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, da frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$), do limiar ventilatório e da velocidade associada ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($v\dot{V}O_{2\text{máx}}$).

- 2º encontro: familiarização com o teste submáximo em esteira para a determinação da VC.
- 3º encontro: realização do teste submáximo em esteira para a determinação da VC.
- 4º encontro: reteste do teste submáximo em esteira para a determinação da VC.
- 5º ao 7º encontro: realização dos testes de campo, na pista de atletismo, em dias não consecutivos e em ordem aleatória, para a determinação da VC.
- 8º encontro: aplicação do teste submáximo em esteira para a determinação da velocidade a ser utilizada nos testes relativos aos encontros 9 ao 11.
- 9º ao 11º encontro: testes de 20 minutos de corrida, em esteira, prescritos a 5% abaixo da velocidade do teste submáximo, na velocidade do teste submáximo e a 5% acima da velocidade do teste submáximo, determinada a partir do teste submáximo em esteira, em ordem aleatória.

3.3 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Uma avaliação antropométrica foi realizada para a caracterização da amostra. A estatura, em cm, foi determinada com a utilização de um estadiômetro (Sanny, São Bernardo do Campo, Brasil) fixado à parede, escalonado em 0,1 cm. O participante permaneceu sem os calçados e posicionado anatomicamente sobre a base do estadiômetro. A massa corporal do participante foi distribuída igualmente em ambos os pés e os braços permaneceram livremente soltos ao longo do tronco com as palmas das mãos voltadas para as coxas. A cabeça foi posicionada em conformidade com o plano de Frankfort. Esta posição é atingida quando uma linha imaginária ligando a órbita (olho) ao tragus (orelha) está na horizontal. O participante manteve os calcanhares unidos, tocando levemente a borda vertical do estadiômetro. O cursor do aparelho foi colocado no ponto mais alto da cabeça, com o participante em apneia inspiratória no momento da medida (MARFELL-JONES; STEWART; DE RIDDER, 2012).

A massa corporal, em kg, foi determinada com o uso de uma balança digital (Toledo, São Paulo, Brasil), com precisão de 0,1 kg. O participante permaneceu em pé, sem os calçados e trajando somente roupas leves, sobre o centro da plataforma da balança e de costas para a escala, em posição anatômica, com a massa corporal distribuída igualmente em ambos os pés (MARFELL-JONES; STEWART; DE RIDDER, 2012). O índice de massa corporal (IMC, em kg/m^2), expresso como a relação entre a massa corporal (em kg) e o quadrado da estatura (em m^2), foi determinado em todos os participantes, servindo como um indicador do estado nutricional. Todas as avaliações antropométricas foram realizadas por um único avaliador previamente treinado.

3.4 AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE DA ESTEIRA

A velocidade da esteira (Master Super ATL, Inbramed, Porto Alegre, Brasil) foi avaliada semanalmente ao longo do estudo, a partir das instruções do fabricante, em relação ao número de revoluções da cinta. A velocidade da esteira foi programada em 1,67 m/s (6 km/h). O tempo necessário para a cinta atingir 10 revoluções foi cronometrado a mão. A velocidade durante as 10 revoluções foi calculada a partir da divisão da distância percorrida pela cinta (calculada pela multiplicação do comprimento da cinta por 10) pelo tempo anotado.

3.5 TESTE INCREMENTAL MÁXIMO EM ESTEIRA

Um teste incremental máximo em esteira (Master Super ATL, Inbramed, Porto Alegre, Brasil), até a exaustão volitiva, foi realizado para a determinação do $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$, da $\text{FC}_{\text{máx}}$, do limiar de trocas respiratórias (GET), do segundo limiar ventilatório (VT_2) e da velocidade associada ao $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$ ($v\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$).

A inclinação da esteira foi mantida em 1% durante todo o teste para refletir o custo energético da corrida na pista/rua (JONES; DOUST, 1996). Após um aquecimento de 5 min a uma velocidade de 2,22 m/s, o teste teve início a 2,78 m/s (2,5 m/s para o sexo feminino). A cada minuto de corrida, a velocidade foi aumentada em 0,28 m/s (0,14 m/s para o sexo feminino), até a fadiga volitiva. Ao final de cada minuto, o participante relatou a percepção subjetiva do esforço (PSE), a partir da escala OMNI-Walk/Run (UTTER et al., 2004), e as sensações de prazer/desprazer, a

partir da escala de sensação (HARDY; REJESKI, 1989). Durante o teste, o ar expirado foi coletado e analisado por um sistema metabólico portátil (K4b2, COSMED, Roma, Itália) para determinar a taxa de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas associadas. O consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) foi definido como o mais alto valor de $\dot{V}O_2$ nos últimos 30 seg do teste, caso o participante tenha alcançado ao menos dois dos seguintes critérios (DAY et al., 2003): (a) um platô no $\dot{V}O_2$ (≤ 150 ml/min no $\dot{V}O_2$ ao longo dos últimos 30 seg do teste), (b) uma relação de troca respiratória $>1,20$, e (c) 90% da frequência cardíaca máxima predita para a idade ($208 - (0,7 * \text{idade})$). Antes de cada teste, o equipamento foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. A frequência cardíaca (FC) foi mensurada continuamente com o uso de um frequencímetro Polar (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). Os dados do teste incremental máximo foram utilizados para identificar a velocidade associada ao $\dot{V}O_{2max}$ ($v\dot{V}O_{2max}$), determinada como a velocidade mínima na qual o participante atingiu o $\dot{V}O_{2max}$, contanto que a velocidade tenha sido mantida por um minuto completo (BILLAT *et al.*, 1999). O GET e o VT_2 foram determinados a partir do método V-slope, segundo a metodologia descrita por (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986).

3.6 TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA DETERMINAR A VELOCIDADE CRÍTICA

Cada participante foi submetido a um teste de intensidade submáxima, em esteira e com 10 minutos de duração (T10). Antes do início do teste, foi solicitado ao participante a leitura da seguinte instrução: “Escolha uma velocidade vigorosa e que possa ser mantida durante os próximos 10 minutos. Você poderá alterar esta velocidade durante os primeiros 5 minutos, mas deverá manter uma velocidade constante nos 5 minutos finais. Você será avisado quanto ao tempo restante nos minutos 4:30, 4:40 e 4:50 dos primeiros cinco minutos do teste.” Esta instrução foi visualizada pelo participante durante todo o teste. A autosseleção da velocidade da esteira, foi realizada pelo próprio participante, tendo o controle da esteira à sua frente, porém, com o display encoberto. A velocidade inicial da esteira foi de 1,11 m/s. O participante não foi informado quanto ao tempo decorrido, a distância percorrida e a velocidade da esteira durante o teste. A velocidade mantida durante os cinco minutos finais do teste foi denominada de vT_{10} . A inclinação da esteira permaneceu em 1%

durante o teste para refletir o custo energético da corrida na pista/rua (JONES; DOUST, 1996). Durante o teste, o ar expirado foi coletado e analisado por um sistema metabólico portátil (K4b2, COSMED, Roma, Itália) para determinar a taxa de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas associadas. A PSE e as sensações de prazer/desprazer foram anotadas nos últimos 20 segundos do teste. A FC foi mensurada continuamente com o uso de um frequencímetro Polar (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia).

Com base na cinética do consumo de oxigênio (GAESSER; POOLE, 1996), foi esperado que o participante atingisse um estado estável de consumo de oxigênio durante os cinco minutos finais do teste. Assim, é possível que este estado estável esteja próximo do limite entre os domínios pesado e severo do exercício, o qual, por sua vez, seja coincidente com a VC (GAESSER; POOLE, 1996).

3.7 PROTOCOLO DE CAMPO PARA DETERMINAR A VELOCIDADE CRÍTICA

A VC foi calculada a partir de três testes de corrida, com distâncias de 1200 m, 2400 m e 3600 m, em uma pista de atletismo, de 400 m (GALBRAITH et al., 2014). Estas distâncias foram estimadas para ser percorridas entre 3 e 20 minutos. Antes dos testes, o participante realizou um aquecimento de 5 minutos de corrida, em ritmo autosselecionado. O participante foi instruído a completar cada teste o mais rápido possível e os tempos foram cronometrados a mão. O participante não foi informado sobre o tempo percorrido durante os testes. A VC e o D' do participante foram calculadas a partir dos testes de corrida, utilizando um modelo linear distância-tempo (equação 3). As três corridas foram completadas em dias alternados, em ordem aleatória.

$$d = D' + (VC \times t) \quad (3)$$

onde:

d = distância percorrida, D' = capacidade anaeróbica de corrida (m), VC = velocidade crítica (m/s) e t = tempo de corrida (seg).

3.8 PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

Este estudo foi realizado mediante uma série de precauções e procedimentos de segurança, com base nas Diretrizes do Colégio Americano de Medicina Esportiva para Testes e Prescrição de Exercícios (PESCATELLO et al., 2014) a fim de minimizar os riscos existentes durante o seu processo de desenvolvimento. Previamente ao início do estudo, cada participante respondeu ao Questionário Revisado de Prontidão para Atividade Física (rPAR-Q). Esse instrumento tem sido utilizado em meios clínicos e/ou laboratoriais como uma ferramenta auxiliar na identificação de indivíduos com possíveis condições médicas que contraindicam a realização de exercícios físicos de intensidade elevada (CARDINAL; CARDINAL, 2000).

Durante o primeiro encontro, os participantes receberam instruções quanto à forma correta de utilização da esteira, além do uso e dos possíveis sintomas de desconforto ao se exercitar com o sistema portátil de análise de gases. Além disso, os participantes foram informados quanto à possibilidade do surgimento de náuseas e vertigem decorrentes dos testes intensos. O responsável pelo estudo permaneceu sempre presente no período em que os participantes realizaram os exercícios físicos, além de profissionais de educação física, previamente treinados, acompanhando e orientando os participantes quanto à execução das atividades.

4 ESTUDO 1

UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA

4.1 INTRODUÇÃO

A prescrição da intensidade dos exercícios de endurance é frequentemente feita a partir de porcentagens do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$), dos limiares de trocas respiratórias ou de lactato, e da frequência cardíaca. A fronteira entre os domínios moderado e pesado de intensidade é comumente demarcada pelo limiar de trocas gasosas (GET, do inglês *gas exchange threshold*) durante um teste ergométrico. No domínio moderado, o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) não varia substancialmente para diferentes taxas de trabalho (WHIPP, 1994). No entanto, o exercício no domínio pesado causa um componente lento adicional de $\dot{V}O_2$, que atrasa a obtenção de um estado estável e eleva o $\dot{V}O_2$ acima do previsto, enquanto o exercício no domínio severo promove um aumento no $\dot{V}O_2$ até atingir o seu máximo e o consequente surgimento da fadiga (GAESSER; POOLE, 1996). Portanto, prescrever a intensidade do exercício a partir de porcentagens do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, nesses dois últimos domínios, é fundamentalmente incorreto (GAESSER; POOLE, 1996).

O exercício prescrito com base na relação linear entre o $\dot{V}O_2$ e a frequência cardíaca apresenta um problema similar. A frequência cardíaca também exibe um componente lento que ocorre em uma taxa de trabalho mais baixa e é mais pronunciado do que o componente lento de $\dot{V}O_2$ que, quando realizada por períodos superiores a alguns minutos, pode levar à fadiga prematura (ZUCCARELLI et al., 2018). Além disso, o máximo estado estável de lactato (MLSS, do inglês *maximal lactate steady state*) tem sido questionado como o marcador da maior taxa metabólica oxidativa estável, que pode ser mantida durante o exercício contínuo. Uma das críticas está associada à avaliação metodológica da MLSS e sua interação dinâmica entre a produção e a depuração de lactato no músculo e em outros órgãos, o que pode subestimar o máximo estado estável metabólico real (JONES et al., 2019). Outra crítica menciona a baixa taxa de confiabilidade dos testes de tempo até a exaustão e da concentração de lactato sanguíneo na MLSS (FAUDE et al., 2017). Recentemente, métodos para a prescrição de exercícios baseados em porcentagens fixas do máximo

foram comparados com os domínios moderado, pesado e severo da intensidade do exercício (IANNETTA et al., 2020). Os resultados demonstraram que, dada a variabilidade entre sujeitos nas faixas de $\% \dot{V}O_{2max}$ (percentual do consumo máximo de oxigênio), $\%WR_{pico}$ (percentual do pico da taxa de trabalho) e $\%FC_{máx}$ (percentual da frequência cardíaca máxima) que definiram cada domínio de intensidade do exercício, a abordagem da porcentagem fixa se adaptou mal a esses domínios e, portanto, não controlou adequadamente o estímulo metabólico durante o exercício. Portanto, recomenda-se que a prescrição da intensidade do exercício seja realizada a partir de um modelo que considere os domínios de intensidade (IANNETTA et al., 2020).

A potência crítica (PC) ou a velocidade crítica (VC) tem sido proposta como um parâmetro mais confiável para a demarcação da fronteira entre os domínios de intensidade do exercício, nos quais as respostas cardiorrespiratórias dinâmicas e musculares metabólicas diferem profundamente (JONES et al., 2019, 2010; POOLE et al., 2016). Nesse contexto, o exercício acima da PC/VC (domínio severo de intensidade) resulta no atingimento do $\dot{V}O_{2máx}$ e na exaustão, enquanto o exercício abaixo da PC/VC (domínio pesado de intensidade) resulta em um estado fisiológico estável, caracterizado por um $\dot{V}O_2$ e uma concentração de lactato estáveis, onde o exercício pode ser mantido por um período prolongado (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; GAESSER; POOLE, 1996; HILL; FERGUSON, 1999; POOLE et al., 1988). Além disso, a VC está intimamente relacionada ao desempenho de longa distância (FLORENCE; WEIR, 1997). A VC pode ser derivada do modelo distância-tempo, baseado na regressão linear da distância total percorrida versus o tempo (HILL; FERGUSON, 1999).

O inconveniente de determinar a VC é a necessidade de os participantes realizarem de três a cinco corridas exaustivas em uma pista ou esteira, em dias separados (HILL, 1993). Esses procedimentos são demorados, tanto para o participante ou atleta, quanto para o pesquisador ou treinador. Isso pode contribuir para o fato de o conceito de VC não ser difundido entre atletas e treinadores ou praticantes de exercícios. Com isso em mente, novos métodos foram propostos para estimar a VC. Por exemplo, teste único de corrida, em velocidade máxima, com 3 minutos de duração (BROXTERMAN et al., 2013; PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012); três corridas exaustivas, com diferentes distâncias, em pista de atletismo, realizadas no mesmo dia, com 30 minutos de recuperação, (GALBRAITH et al., 2014);

ou três corridas exaustivas, com a mesma duração, separadas por 30 minutos de recuperação, também realizadas no mesmo dia (TRISKA et al., 2017b). No entanto, uma característica desses novos testes, de campo ou de laboratório, para a determinação da VC permanece: a sua natureza exaustiva. Essa característica pode impedir a sua aplicabilidade em corredores recreativos e em populações menos motivadas ou clínicas. Portanto, seria útil se um meio confiável e válido de determinar a VC estivesse disponível em um teste único e submáximo.

Alguns estudos demonstraram que a percepção de esforço parece traduzir com precisão os eventos fisiológicos associados aos domínios de intensidade do exercício (GIOVANELLI et al., 2019). A taxa de esforço percebido ou a intensidade subjetiva de esforço, tensão, desconforto e/ou fadiga que é vivenciada durante o exercício físico (ROBERTSON; NOBLE, 1997) é considerada um mediador fundamental na regulação da taxa de trabalho e na estratégia do ritmo (pace) do exercício (TUCKER; NOAKES, 2009). É proposto que a percepção de esforço regula o desempenho do exercício usando um feedback antecipatório que inclui a experiência anterior, a antecipação da duração/distância do exercício e um feedback fisiológico para regular a estratégia de ritmo (TUCKER; NOAKES, 2009). Por exemplo, corredores treinados foram capazes de autoajustar seu ritmo de acordo com diferentes percepções de esforço, de forma que correr em um ritmo autosselecionado fácil, moderado e forte resultou em diferentes velocidades e domínios de intensidade do exercício (GIOVANELLI et al., 2019).

Levando em consideração a estreita relação entre o esforço percebido e a intensidade do exercício, e o perfil do $\dot{V}O_2$ ao se exercitar no domínio de intensidade pesada, propusemos investigar um teste submáximo de 10 min em esteira como ferramenta para determinar a VC. Raciocinamos que se os participantes fossem solicitados a correr em um ritmo autosselecionado que correspondesse a um esforço vigoroso, a velocidade resultante seria associada a um estado de equilíbrio fisiológico representado por um perfil de $\dot{V}O_2$ que se estabilizaria em aproximadamente 5-10 min de exercício (POOLE et al., 1988; PRINGLE; JONES, 2002; WHIPP, 1994). Além disso, essa velocidade estaria situada perto da fronteira entre os domínios pesado e severo de intensidade (isto é, a VC). Consequentemente, o exercício abaixo dessa velocidade deve resultar em um perfil estável de $\dot{V}O_2$ de, ao passo que o exercício acima não deveria. Um único teste de esteira, submáximo, confiável e válido para estabelecer a máxima taxa metabólica oxidativa para a corrida, seria atraente, pois

poderia difundir o uso do conceito da VC entre técnicos, atletas, praticantes de exercícios e corredores recreativos. Portanto, o objetivo do presente estudo foi: (1) avaliar a reprodutibilidade da velocidade derivada de um teste submáximo de 10 minutos em esteira; (2) comparar a velocidade derivada do teste submáximo de 10 minutos, em esteira, com a velocidade derivada de uma série de três corridas exaustivas, em pista de atletismo, realizadas em dias separados, para o método convencional de determinação da VC; e (3) descrever as respostas de $\dot{V}O_2$ ao exercício prescrito em intensidades um pouco abaixo e acima da velocidade obtida a partir do teste submáximo de 10 minutos em esteira.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Participantes

Quarenta e dois corredores recreacionais participaram deste estudo (idade: $32,1 \pm 6,0$ anos, estatura: $172,7 \pm 7,4$ cm, massa corporal: $69,9 \pm 9,1$ kg). A amostra do estudo foi composta por 31 homens e 11 mulheres que possuíam no mínimo dois anos de experiência em corrida. Os participantes foram excluídos do estudo se apresentassem alguma doença ou lesão que interferisse no treinamento normal.

4.2.2 Delineamento experimental

Esta é uma pesquisa descritiva correlacional (THOMAS; NELSON; SILVERMAN; 2012). Os participantes realizaram um total de dez testes, com um mínimo de 24 horas de recuperação entre cada teste, mas não mais de 48 horas entre as sessões de teste. Todos os testes foram concluídos dentro de 4 semanas. Os participantes abstiveram-se de exercícios intensos nas 24 horas anteriores aos testes e de álcool por 24 horas, e ingestão de alimentos ou cafeína nas 3 horas anteriores a cada teste. Para os testes de laboratório e de campo, os participantes foram instruídos a chegar no mesmo horário do dia. Os participantes realizaram primeiro um protocolo de rampa em esteira para a determinação do GET, $\dot{V}O_{2máx}$ e velocidade associada ao $\dot{V}O_{2máx}$ ($v\dot{V}O_{2máx}$). Durante a segunda visita, os participantes realizaram um teste submáximo de 10 minutos em esteira ergométrica (T10), que serviu como um teste de familiarização para reduzir o efeito da prática associado a vários testes, não sendo

incluído na análise dos dados. Em cada uma das duas visitas seguintes, os participantes realizaram o teste T10 e o reteste T10. Nas três visitas seguintes, os participantes realizaram testes de campo (1200 metros, 2400 metros e 3600 metros) em uma pista de atletismo de 400 metros, para determinação da velocidade crítica. Na sequência, os participantes realizaram mais um teste T10 para determinar a velocidade com que executariam dois testes em esteira, com velocidade constante. Nas duas últimas visitas, os participantes realizaram corridas em esteira, com velocidades constantes, por 20 minutos ou até a exaustão, a 5% abaixo e 5% acima da velocidade do teste T10. Um participante não conseguiu se reportar ao laboratório para os dois testes em esteira, com velocidade constante e 20 minutos de duração. Um participante falhou em se reportar ao laboratório para o teste em esteira, de velocidade constante, a 5% abaixo da velocidade do teste T10 e 20 minutos de duração. Um participante não conseguiu se reportar ao laboratório para o teste em esteira com velocidade constante a 5% acima da velocidade do teste T10 e 20 minutos de duração.

4.2.3 Determinação do GET, do $\dot{V}O_{2MÁX}$ e da $v\dot{V}O_{2máx}$

O teste incremental máximo para a determinação do GET e do $\dot{V}O_{2máx}$ está detalhado na seção métodos gerais.

4.2.4 Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (t10)

O teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10) está detalhado na seção métodos gerais.

4.2.5 Teste de campo para a determinação da velocidade crítica

O teste de campo para a determinação da velocidade crítica está detalhado na seção métodos gerais.

4.2.6 Testes em esteira com velocidade constante

Pesquisas anteriores já descreveram as respostas ao exercício em intensidades ligeiramente acima ou abaixo da VC, do torque crítico e da potência crítica (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; JONES et al., 2008; POOLE et al., 1988). Se a VC for um demarcador da fronteira entre os domínios pesado e severo de intensidade, o exercício acima da VC causará um aumento do $\dot{V}O_2$ durante todo o exercício até que $\dot{V}O_{2máx}$ seja atingido e a exaustão seja eminente. Por outro lado, o exercício abaixo da VC promoverá um estado estável do $\dot{V}O_2$ e o trabalho será realizado até o fim. Assim, nos dias subsequentes, os participantes realizaram duas corridas em esteira, com velocidade constante e 20 minutos de duração, a 5% abaixo ou 5% acima da velocidade medida durante os últimos 5 minutos do teste T10. Após um aquecimento de 3 minutos a 2,22 m/s, a velocidade da esteira foi aumentada gradualmente até a velocidade selecionada para o participante, quando o cronômetro foi então iniciado. O tempo decorrido de cada teste foi registrado até o seu término, aos 20 min, ou até o momento em que o participante agarrou o corrimão da esteira, sinalizando exaustão.

A ordem dos testes foi randomizada e os participantes não foram informados se o teste estava acima ou abaixo da velocidade do teste T10. Assim, os participantes exercitaram-se por 20 minutos ou até a exaustão. Durante os testes, a esteira foi mantida com 1% de inclinação e o display do controle foi coberto para que os participantes não tivessem consciência da velocidade, distância e tempo decorrido. As trocas gasosas pulmonares foram medidas respiração a respiração ao longo dos testes (K4b2, COSMED, Roma, Itália) e a média foi feita em intervalos de 15 segundos. A FC foi medida continuamente com um monitor de FC (H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia).

4.2.7 Análise estatística

Os dados foram examinados quanto à normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk. A heterocedasticidade dos dados foi avaliada com o Teste Breusch-Pagan (BREUSCH; PAGAN, 1979). Para avaliar a confiabilidade dos resultados entre o teste T10 e o reteste T10, foram calculadas a variação intra indivíduo, expressa como o coeficiente de variação (CoV) e o coeficiente de correlação intraclass (CCI) com

limites de confiança de 90% (ATKINSON; NEVILL, 1998). Um teste t para amostras pareadas foi usado para testar diferenças significativas entre testes repetidos. A concordância entre a velocidade do teste T10 e os valores de velocidade do reteste T10 foi avaliada usando limites de concordância (LoA, do inglês *limits of agreement*) com limites de confiança de 95% (BLAND; ALTMAN, 1986).

A validade entre a velocidade do teste T10 e a VC, determinada a partir do teste de campo, foi avaliada por regressão linear para determinar o nível de concordância de medição entre o teste T10 e o teste de campo. Gráficos de Bland–Altman da relação e limites de concordância com limites de confiança de 95%, juntamente com o erro típico da estimativa, foram utilizados para avaliar as relações entre a VC estimada no teste de campo e a velocidade do teste T10 (BLAND; ALTMAN, 1986). As diferenças de significância estatística entre o teste T10 e o teste de VC de campo foram verificadas usando testes t de amostras pareadas. A análise de correlação produto-momento de Pearson, com limites de confiança de 90%, foi usada para indicar a força da relação entre o teste T10 e os valores da VC do teste de campo.

Todas as análises foram feitas com o RStudio (Versão 1.2.5033; RStudio team, 2017) e R (Versão 3.6.3; R Core Team, 2020) com os seguintes pacotes R: BlandAltmanLeh, versão 0.3.1 (LEHNERT, 2015); dplyr, versão 0.8.4 (FRANÇOIS; HENRY; MULLER, 2020); ggplot2, versão 3.2.1 (WICKHAM; WINSTON, 2019); ICC versão 2.3.0 (WOLAK, 2016); lmtest, versão 0.9-37 (HOTHORN et al., 2019); MBESS, versão 4.6.0; (KELLEY, 2019); pastecs, versão 1.3.21 (GROSJEAN; IBANEZ FREDERIC; ETIENNE, 2018); e reshape2, versão 1.4.3 (WICKHAM, 2017). A significância estatística foi aceita em $p < 0,05$. Os resultados são apresentados como média \pm DP (desvio padrão), salvo indicação em contrário.

4.3 RESULTADOS

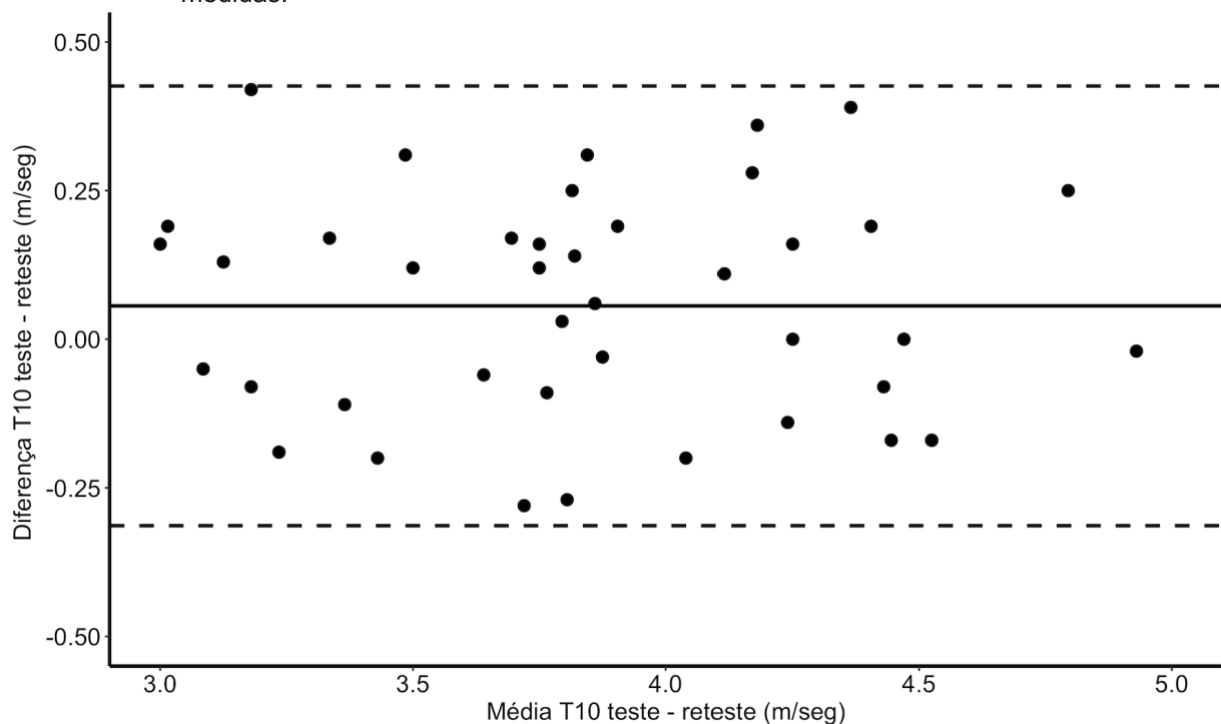
4.3.1 Confiabilidade entre o teste T10 e o reteste T10

O $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos participantes foi $52,5 \pm 6,6$ mL/kg/min. O GET ocorreu a $39,8 \pm 5,5$ mL/kg/min. Para avaliar a consistência das medidas, o teste t de amostras pareadas não identificou diferenças significativas na velocidade entre o teste T10 ($3,81 \pm 0,50$ m/s) e o reteste T10 ($3,86 \pm 0,50$ m/s), $t(41) = -1,7$, $p = 0,1$. As médias do $\dot{V}O_2$ durante o teste T10 ($46,9 \pm 6,2$ mL/kg/min) e o reteste T10 ($47,4 \pm 6,5$

mL/kg/min) não foram significativamente diferentes entre si, $t(41) = -1,16$, $p = 0,25$, e corresponderam a aproximadamente 90% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. A média de $\dot{V}O_2$ de ambos os testes T10 ($47,1 \pm 6,2$ mL/kg/min) foi significativamente diferente do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, $t(41) = -9,6$, $p < 0,001$.

O coeficiente de variação da velocidade entre o teste T10 e o reteste T10 foi de 3,4% (IC 90%: 2,9, 4,1%) e o coeficiente de correlação intraclasse foi $r = 0,93$ (IC 90%: 0,89, 0,96). Quando a velocidade média foi calculada para os dois testes T10, a análise mostrou que esta foi significativamente maior que a velocidade no GET, $t(41) = 8,3$, $p < 0,001$. A velocidade média para os dois testes T10 foi equivalente a aproximadamente 82% da $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$, aproximadamente 114% da velocidade no GET, ou aproximadamente 51% da diferença entre a $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e a velocidade no GET (51% Δ). A Figura 1 mostra os resultados da análise de concordância de Bland-Altman, com limites de confiança de 95%, para a comparação de velocidade entre o teste T10 e o reteste T10 ($0,05 \pm 0,39$ m/s).

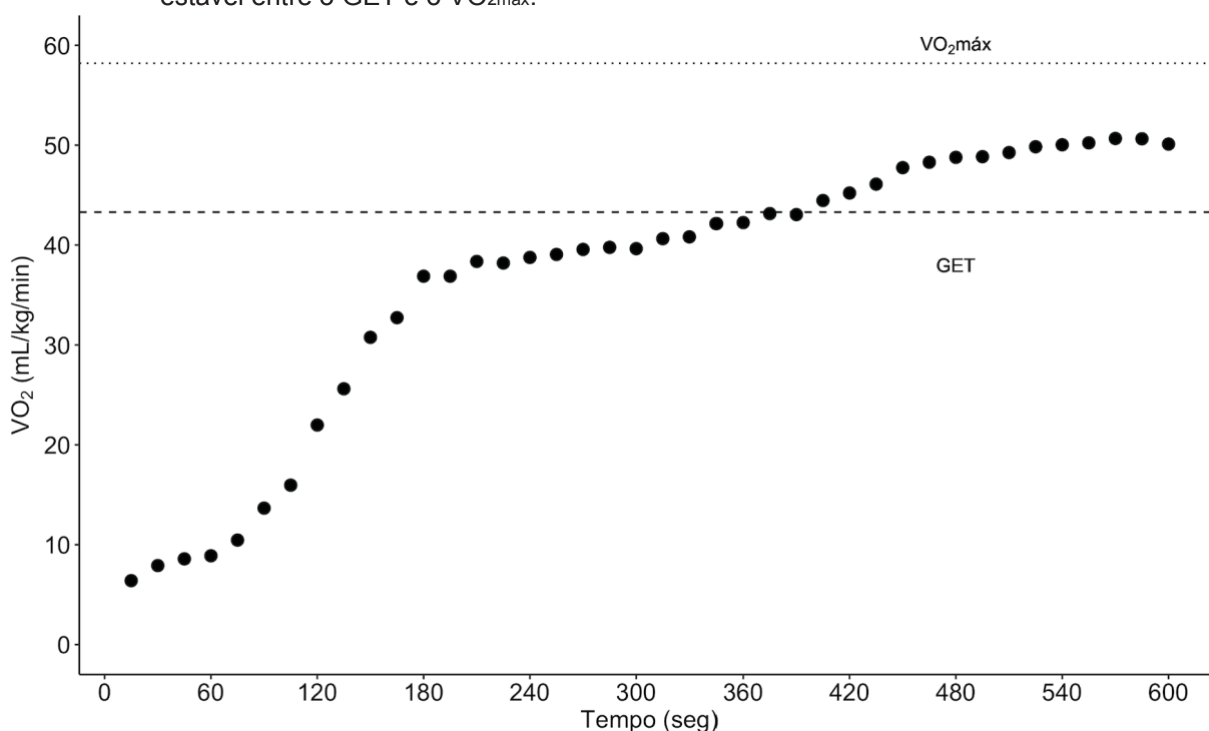
FIGURA 1 - ANÁLISE DE BLAND-ALTMAN PARA A DIFERENÇA ENTRE O TESTE T10 E O RETESTE T10. A linha horizontal sólida representa a média da diferença entre as duas medidas e as linhas tracejadas representam os limites de concordância de 95% entre as medidas.



FONTE: O autor (2020).

A Figura 2 demonstra o perfil do $\dot{V}O_2$ (a intervalos médios de 15 s) durante o reteste T10 de um dos participantes. O $\dot{V}O_2$ aumentou rapidamente nos primeiros 180 segundos do teste, subsequentemente subindo a uma taxa mais lenta para atingir o que parece um estado estável atrasado aproximadamente a 480 segundos do teste. A velocidade dos últimos 5 minutos do teste T10 ficou situada acima da velocidade associada ao GET, mas abaixo da velocidade do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. A média do $\dot{V}O_2$ durante os últimos 5 minutos do teste situou-se aproximadamente a 81% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, e a velocidade dos últimos 5 minutos do teste ocorreu a aproximadamente 56% da diferença entre o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e o GET (56% Δ).

FIGURA 2 - PERFIL DO CONSUMO DE OXIGÊNIO EM UM PARTICIPANTE DO ESTUDO DURANTE O RETESTE T10. Observe que o $\dot{V}O_2$ permanece logo abaixo do limiar de trocas gasosas (GET) durante a primeira parte do teste (300 s) e depois aumenta e atinge um estado estável entre o GET e o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$.



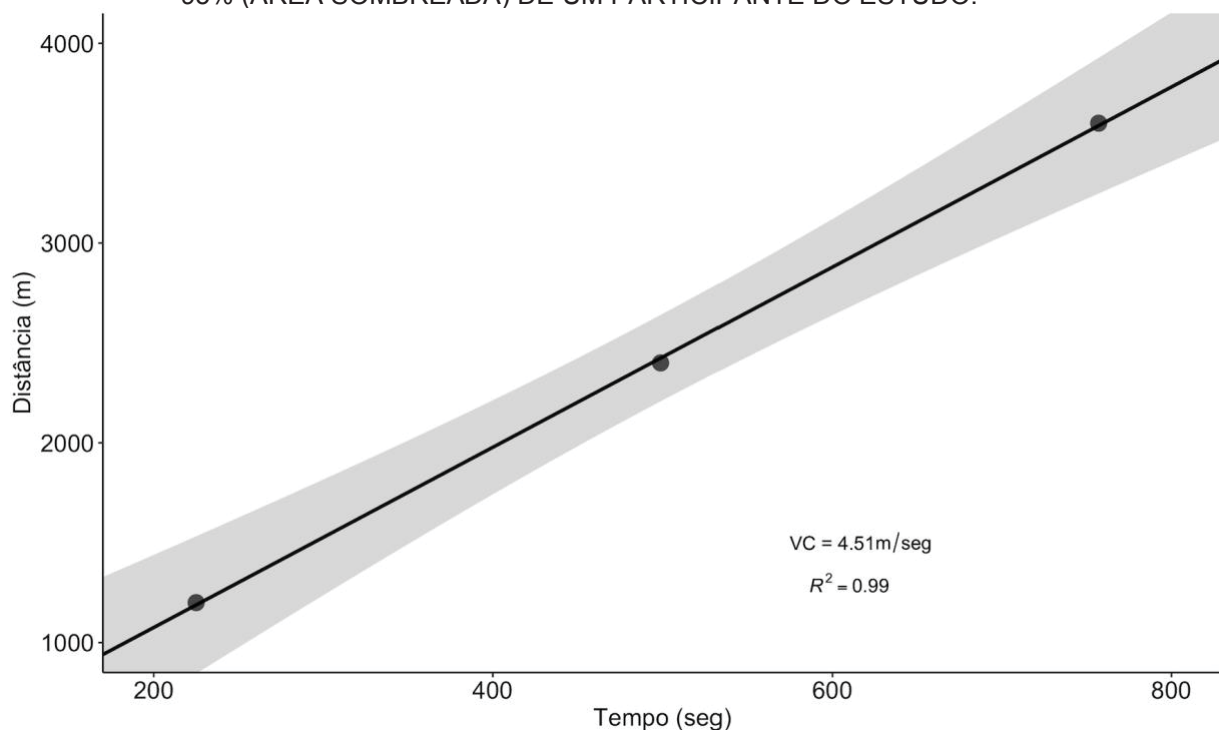
FONTE: O autor

4.3.2 Validade do teste T10

Para avaliar até que ponto o teste T10 prediz com precisão a velocidade crítica, comparamos a velocidade derivada de uma série de três corridas exaustivas, realizadas em dias separados, em uma pista de atletismo para o método convencional de determinação da VC (teste de campo) com a velocidade medida nos últimos 5

minutos do teste submáximo de esteira T10. A velocidade do teste T10 foi de $3,86 \pm 0,51$ m/s. A VC predita pelo teste de campo foi de $3,88 \pm 0,55$ m/s. A Figura 3 mostra a derivação da velocidade crítica do teste de campo, usando o modelo distância-tempo, em um dos participantes. O modelo mostrou um bom ajuste com altos coeficientes de determinação (intervalo, $R^2 = 0,98 - 1,00$). Um teste t de amostras pareadas não identificou diferenças significativas na velocidade entre o teste T10 e o teste de campo, $t(41) = 0,6$, $p = 0,53$.

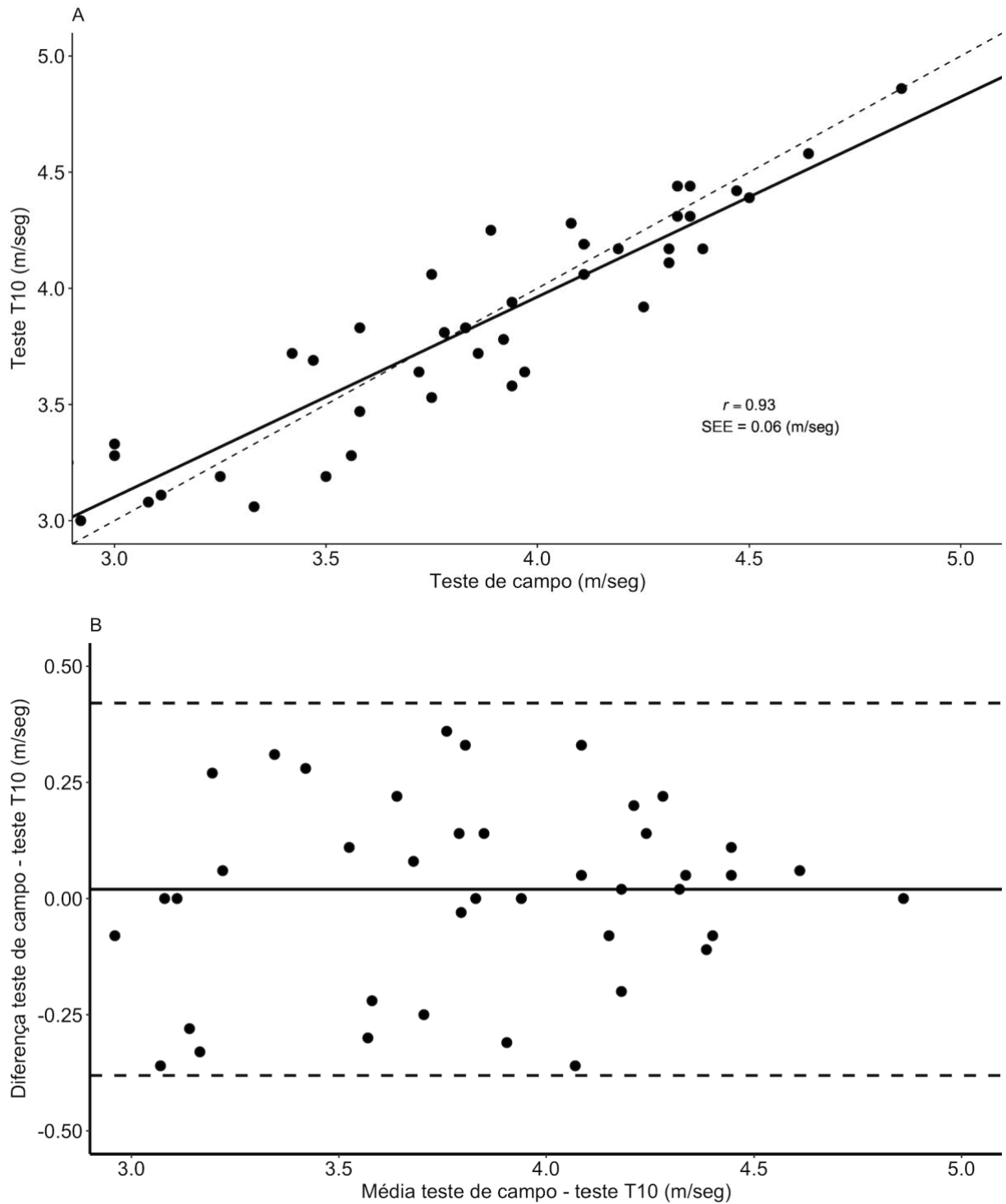
FIGURA 3 - DERIVAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA (VC) ESTIMADA A PARTIR DO MODELO LINEAR DISTÂNCIA-TEMPO (TESTE DE CAMPO) COM LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ÁREA SOMBREADA) DE UM PARTICIPANTE DO ESTUDO.



FONTE: O autor (2020).

A Figura 4 ilustra a relação e o viés \pm limites de concordância de 95% entre a velocidade do teste T10 e a VC estimada a partir do teste de campo ($0,02 \pm 0,40$ m/s). O erro típico da estimativa foi de $0,14$ m/s (IC 90%: $0,10$, $0,16$ m/s), enquanto o coeficiente de correlação para o teste T10 e a VC do teste de campo foi $r = 0,93$ (IC 90%: $0,88$, $0,96$). O erro padrão da estimativa foi de aproximadamente $0,06$ m/s, ou $1,5\%$ (Fig. 4) e a análise de regressão resultou na seguinte equação preditiva: $y = 1.0006x + 0,018$, R^2 ajustado: $0,86$.

FIGURA 4 - GRÁFICOS DE BLAND – ALTMAN DA RELAÇÃO (A) E DOS LIMITES DE CONCORDÂNCIA (B) ENTRE A VC ESTIMADA A PARTIR DO TESTE DE CAMPO E A VELOCIDADE DO TESTE T10. No painel A, a linha sólida é o melhor ajuste da regressão linear e a linha tracejada é a linha de identidade. No painel B, a linha horizontal sólida representa a diferença média entre a VC estimada a partir do teste de campo e a velocidade do teste T10, e as linhas tracejadas representam os limites de concordância de 95%.



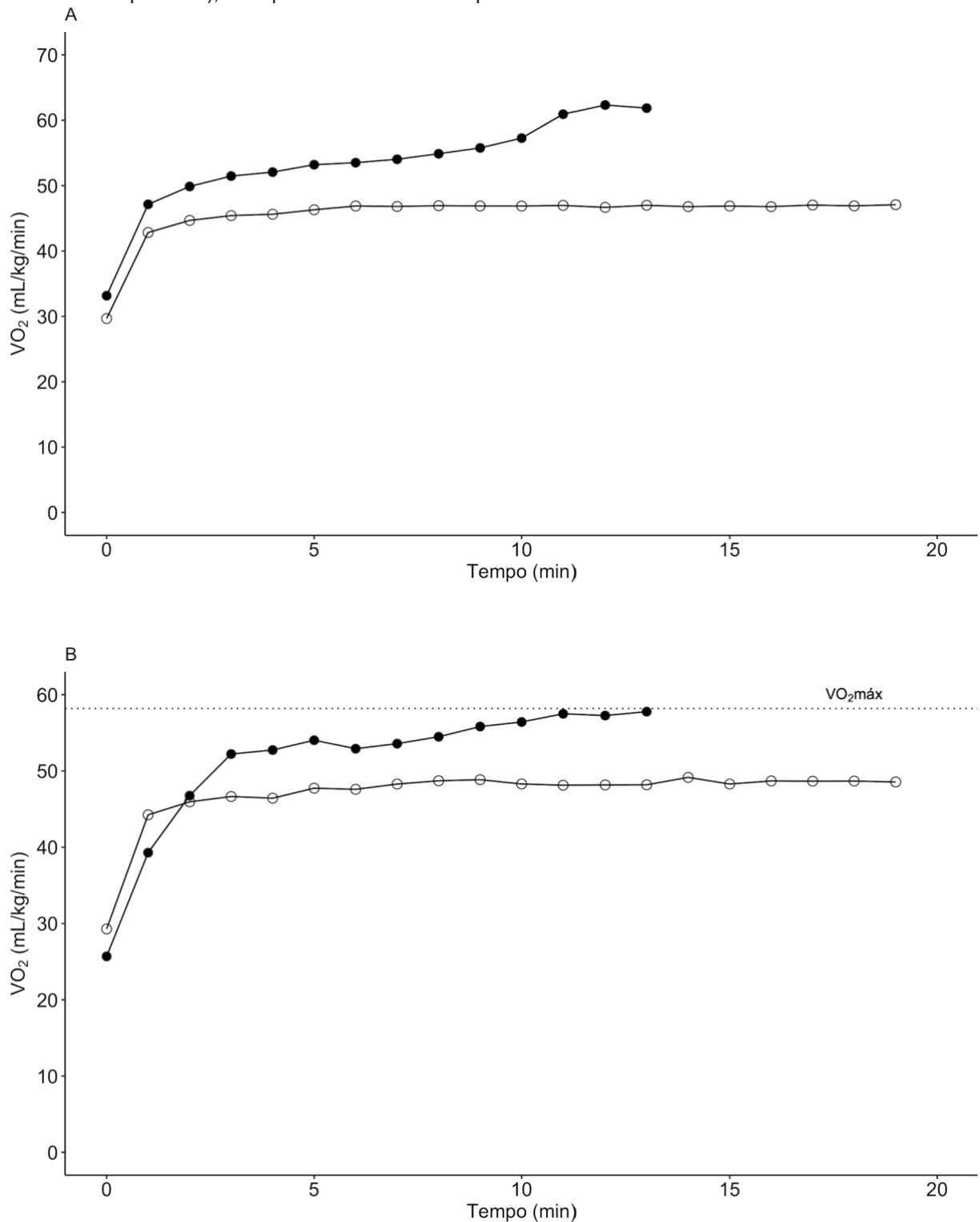
FONTE: O autor (2020).

4.3.3 Testes de velocidade constante

Dos 42 participantes do estudo, um participante não realizou ambos os testes de velocidade constante, um participante não realizou o teste a 5% abaixo da velocidade do teste T10 e um participante não realizou o teste a 5% acima da velocidade do T10.

Quarenta participantes realizaram os testes de velocidade constante. Destes, 39 foram capazes de completar 20 minutos de exercício a 5% abaixo da velocidade do teste T10 (Fig. 5). Não houve diferença significativa para os valores médios de $\dot{V}O_2$ entre o 10º minuto ($46,8 \pm 5,9$ mL/kg/min) e o 20º minuto ($47,1 \pm 6,0$ mL/kg/min) do teste, $t(38) = 1,3$, $p = 0,2$, o que pode ser um indicativo que os participantes atingiram um estado fisiológico estável. O participante que não conseguiu completar 20 minutos de exercício a 5% abaixo da velocidade do teste T10 tolerou 11 minutos de exercício antes da exaustão volitiva. Vinte e oito dos participantes não foram capazes de completar os 20 minutos de exercício a 5% acima da velocidade do teste T10. O tempo médio de exaustão foi de 11 minutos e 36 segundos (variação de 6 minutos e 48 segundos a 18 minutos), e o perfil de resposta para o $\dot{V}O_2$ foi indicativo de um exercício de intensidade severa (Fig. 5): o $\dot{V}O_2$ atingiu $53,9 \pm 6,0$ mL/kg/min durante este teste, o qual foi similar ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ desses participantes ($53,6 \pm 6,7$ mL/kg/min), $t(27) = -0,64$, $p = 0,53$.

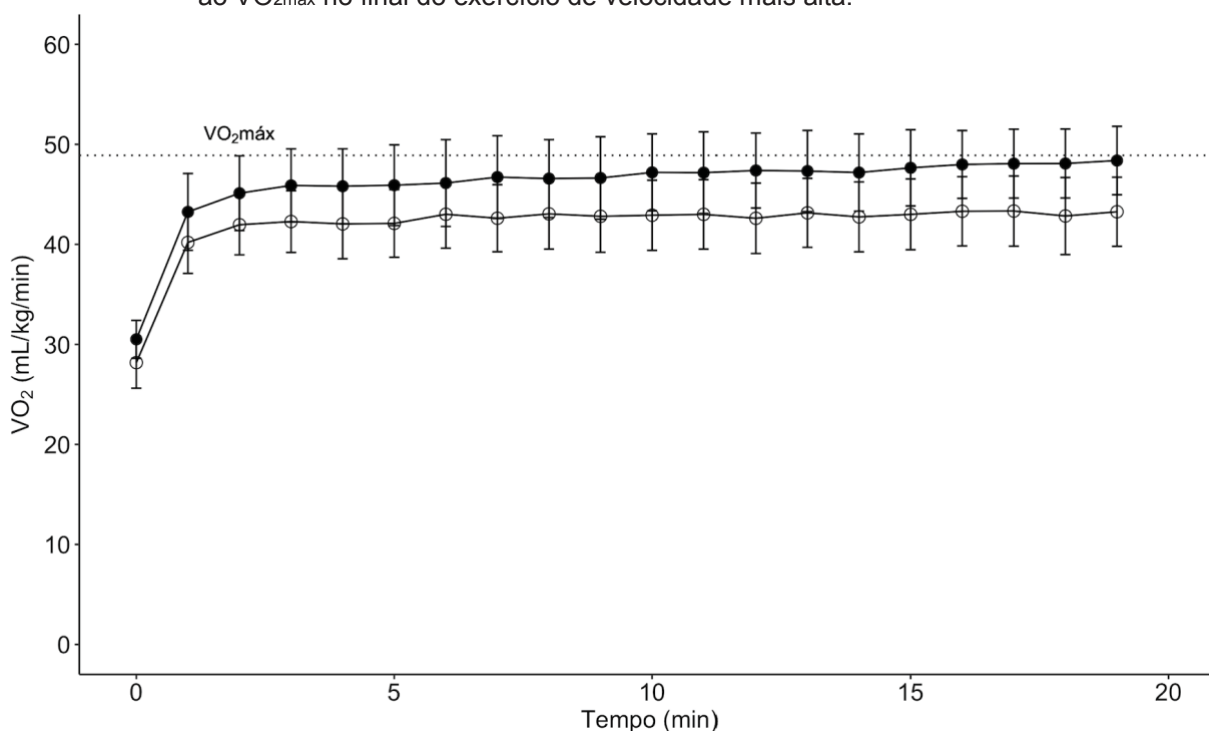
FIGURA 5 - CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE OS TESTES DE VELOCIDADE CONSTANTE A 5% ABAIXO (CÍRCULOS ABERTOS) E 5% ACIMA (CÍRCULOS FECHADOS) DA VELOCIDADE DO TESTE T10. O painel A representa as respostas médias nos 39 participantes que completaram 20 min de exercício na velocidade mais baixa. O painel B mostra a mesma resposta ao exercício do participante apresentado na Figura 2. Observe que o $\dot{V}O_2$ continua a subir até a exaustão na velocidade mais alta (atingindo o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ no painel B), mas permanece estável a partir de 10 minutos na velocidade mais baixa.



FONTE: O autor (2020).

Doze participantes concluíram o teste de velocidade constante a 5% acima da velocidade do teste T10 (Fig. 6). Ao analisar as respostas do $\dot{V}O_2$ para esses participantes, durante o teste de velocidade mais alta, houve uma diferença significativa para o $\dot{V}O_2$ médio entre o 10º minuto ($46,8 \pm 6,1$ mL/kg/min) e o 20º min ($48,4 \pm 5,4$ mL/kg/min) do teste ($t(11) = 3,6$, $p = 0,004$), o que pode ser um indicativo que os participantes não alcançaram um estado estável. Além disso, um teste t pareado mostrou uma diferença significativa entre a média do $\dot{V}O_2$ entre o teste 5% abaixo da velocidade do T10 ($41,9 \pm 5,2$ mL/kg/min), em comparação com a média do $\dot{V}O_2$ do teste 5% acima da velocidade do teste T10 ($45,9 \pm 5,7$ mL/kg/min), $t(11) = -5,8$, $p < 0,001$. Uma comparação do último minuto do $\dot{V}O_2$ médio do teste de 5% acima da velocidade do T10 ($48,4 \pm 5,4$ mL/kg/min) com a média do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($48,9 \pm 5,6$ mL/kg/min) desses participantes não apresentou diferença significativa $t(11) = -0,94$, $p = 0,4$.

FIGURA 6 - CONSUMO MÉDIO DE OXIGÊNIO (\pm DP) NOS DOZE PARTICIPANTES QUE CONCLUÍRAM OS TESTES DE VELOCIDADE CONSTANTE A 5% ABAIXO (CÍRCULOS ABERTOS) E 5% ACIMA (CÍRCULOS FECHADOS) DA VELOCIDADE DO TESTE T10. Observe que o $\dot{V}O_2$ aumenta progressivamente para valores similares ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no final do exercício de velocidade mais alta.



FONTE: O autor (2020).

4.4 DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que um teste submáximo de 10 minutos, em esteira, (teste T10) resultou em uma velocidade reprodutível, associada a um $\dot{V}O_2$ médio situado aproximadamente 18% acima do GET, 9% abaixo do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e aproximadamente 51% da diferença entre o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e o GET (51% Δ) (FIGURA 1 e FIGURA 2). Além disso, a velocidade nos últimos cinco minutos do teste T10 foi similar à VC determinada por um método convencional (três corridas exaustivas em uma pista de atletismo, em dias separados) (FIGURA 3 e FIGURA 4). Ainda, parece que a velocidade do teste T10 está situada próximo ao limite entre os domínios pesado e severo de intensidade, pois o teste de velocidade constante abaixo da velocidade do teste T10 resultou em um perfil de $\dot{V}O_2$ em estado estável, enquanto o exercício acima da velocidade do teste T10 resultou em um aumento progressivo no $\dot{V}O_2$ que se igualou ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no final do teste ou causou a fadiga antes da sua conclusão. Esses resultados sugerem que um único teste submáximo de 10 minutos, em esteira (teste T10), representa uma alternativa promissora para identificar a velocidade associada ao máximo estado metabólico estável.

A análise de confiabilidade mostrou um CoV de 3,4% (IC 90%: 2,9, 4,1%) entre o teste T10 e o reteste T10, que está dentro da faixa (0,4% - 7,6%) dos estudos de confiabilidade de VC e PC relatados anteriormente, em laboratório e em campo (GALBRAITH et al., 2014; HINCKSON; HOPKINS, 2005; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; TRISKA et al., 2017a, 2017b). O valor do CCI entre o teste T10 e o reteste T10 ($r = 0,93$; IC 90%: 0,89, 0,96) indica alta confiabilidade e também é similar aos relatados por outros pesquisadores (GALBRAITH et al., 2014; KARSTEN et al., 2017; TRISKA et al., 2017b; WRIGHT; BRUCE-LOW; JOBSON, 2017).

Não houve diferença significativa entre a VC determinada pelo teste de campo convencional ($3,88 \pm 0,55$ m/s) em comparação com a velocidade média entre o teste T10 e o reteste T10 ($3,86 \pm 0,51$ m/s). O erro típico da estimativa para a VC foi de 0,14 m/s (IC 90%: 0,10, 0,16 m/s), que pode ser interpretado como pequeno (HOPKINS, 2006), e é similar ao já relatado anteriormente (GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017a). Além disso, a correlação entre a VC do teste de campo e a velocidade do teste T10 ($r = 0,93$; IC 90%: 0,88, 0,96; $p < 0,001$) é similar à encontrada em estudos anteriores (GALBRAITH et al., 2014; KRANENBURG; SMITH, 1996; TRISKA et al., 2017a). O erro padrão da estimativa derivada da regressão linear foi de 0,06 m/s, o

que representa aproximadamente 1,5% da média para a VC, e está dentro da faixa (menos de 5% da média) considerada como boa precisão (JONES et al., 2019).

Estudos anteriores usaram a percepção subjetiva do esforço (PSE) como um indicador da percepção psicofísica do esforço durante o exercício contínuo na PC ou avaliaram o uso da percepção do esforço para estimar a PC. Por exemplo, ciclistas moderadamente treinados classificaram seu esforço percebido como “Difícil” na escala de Borg 6-20, ao realizar exercício contínuo na intensidade equivalente à PC derivada de um teste all-out de 3 minutos (BERGSTROM et al., 2017). Além disso, a PC foi estimada com sucesso em um grupo de sujeitos jovens e saudáveis do sexo masculino, realizando testes não exaustivos com base nas classificações de esforço percebido (NAKAMURA et al., 2008). A PSE é um mediador chave na regulação da taxa de trabalho e auxilia a explicar como a intensidade do exercício é autoajustada para otimizar o desempenho e prevenir distúrbios potencialmente prejudiciais a qualquer sistema fisiológico (TUCKER; NOAKES, 2009). A intensidade de exercício autosselecionada e a estratégia ideal de ritmo durante o exercício parecem estar relacionadas com a frequência e a capacidade dos sistemas de fornecimento de energia anaeróbico e aeróbico (ABBISS; LAURSEN, 2008). Além disso, foi proposta uma estratégia de estimulação centralmente mediada para exercícios de intensidade autosselecionada de qualquer durações, na qual o desempenho ideal e a conclusão da tarefa são mediados centralmente de uma maneira complexa e direta, sendo a consequência dos processos regulatórios fisiológicos subjacentes que ocorrem durante o exercício e, ao mesmo tempo, é o meio pelo qual a homeostase é regulada (ABBISS; LAURSEN, 2008; ST CLAIR GIBSON *et al.*, 2006). Neste modelo, o ponto final do exercício deve ser conhecido antes da tarefa, porque qualquer cálculo antecipatório não pode ser feito a menos que a duração do exercício seja conhecida. Ou seja, os ajustes na estratégia de ritmo servem para prevenir perturbações prejudiciais ou limitantes da homeostase, com a duração esperada do exercício servindo como o "ponto de ancoragem" contra o qual esta regulação ocorre (TUCKER; NOAKES, 2009).

Com base nesse mecanismo mediado centralmente para a regulação da estratégia de ritmo para exercícios de intensidade autosselecionada, inferimos que, se o participante fosse solicitado a correr em uma esteira por 10 min, de acordo com um ritmo autosselecionado vigoroso, ele usaria os primeiros cinco minutos da tarefa para autoajustar o ritmo com base nas informações aferentes dos receptores que

sinalizam mudanças nas variáveis do sistema fisiológico periférico, como a frequência cardíaca, a $\dot{V}O_2$ e a glucose sanguínea. Em seguida, essas informações seriam utilizadas de forma teleoantecipatória para garantir que os ajustes da velocidade fossem adequados para a realização da tarefa, de forma que a homeostase não fosse interrompida (representada em nosso estudo por um perfil estável de $\dot{V}O_2$) e garantindo um desempenho ideal. Além disso, a velocidade medida durante os últimos cinco minutos do teste aproximar-se-ia da velocidade máxima associada a um estado fisiológico estável, representado pelo perfil de $\dot{V}O_2$.

O perfil do $\dot{V}O_2$ foi utilizado como critério para a obtenção de um estado estável para abordar as respostas fisiológicas ao exercício abaixo e acima da velocidade do teste T10 (BERGSTROM et al., 2017; BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; POOLE et al., 1988). Assim, se a velocidade do teste T10 definisse com sucesso o limite entre os domínios pesado e severo de intensidade, seria esperada uma resposta de $\dot{V}O_2$ em estado estável abaixo, mas não acima, dessa velocidade. Em nosso estudo, 39 dos 40 participantes concluíram o teste de 20 minutos a 5% abaixo da velocidade do teste T10, com um perfil de $\dot{V}O_2$ em estado estável (FIGURA 5A). Este resultado é similar a alguns estudos anteriores, nos quais foi demonstrado que o exercício realizado ligeiramente abaixo da VC/PC pode ser mantido por um período relativamente longo, com estados metabólico e fisiológico estáveis (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; PRINGLE; JONES, 2002). Um participante não foi capaz de completar o teste de 20 minutos abaixo da velocidade do teste T10, o que indica uma falha em obter um estado estável de $\dot{V}O_2$. Uma explicação possível é que alguns corredores do presente estudo poderiam ter menos experiência em correr em esteira, o que poderia resultar em uma percepção de esforço mais variável. Embora todos os participantes do nosso estudo tenham sido definidos como corredores experientes, alguns podem estar em um nível competitivo mais baixo. Em conjunto, esses fatores podem indicar que alguns indivíduos podem precisar de mais familiarização com a corrida em esteira.

Doze participantes concluíram o teste de velocidade constante a 5% acima da velocidade do teste T10 (FIGURA 6). Não podemos excluir o fato de que alguns erros podem ocorrer na determinação da VC, bem como alguma variação diária em um determinado sujeito (CRAIG et al., 2019). No entanto, a resposta de $\dot{V}O_2$ nesses participantes apresentou um perfil continuamente crescente que igualou ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no final do teste, o que pode ser indicativo de que esses participantes estavam se

exercitando no domínio severo de intensidade. Esse resultado está de acordo com estudos anteriores que demonstraram que o exercício submáximo realizado no domínio severo de intensidade não precisa ser máximo para os participantes atingirem o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; HILL; FERGUSON, 1999; HILL; POOLE; SMITH, 2002; POOLE et al., 1988). O exercício de velocidade constante ou potência realizado no domínio severo de intensidade (acima da VC/PC) já foi caracterizado por um aumento contínuo do $\dot{V}O_2$ e lactato sanguíneo, e um perfil decrescente do pH, com a fadiga ocorrendo antes do tempo-alvo de 15 min durante corrida a aproximadamente 13% acima da VC (BROXTERMAN et al., 2013), antes de 24 min em cicloergômetro a 5% acima da PC (POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990) ou antes de 30 min em cicloergômetro a aproximadamente 6% acima da PC (BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006). Assim, é bastante provável que os participantes do nosso estudo parassem de se exercitar devido à fadiga (causada principalmente pela depleção de glicogênio e acúmulo de metabólitos) se o exercício fosse prolongado por mais alguns minutos.

Esses resultados reforçam ainda mais o nosso argumento segundo o qual a velocidade do teste T10 está situada próxima ao limite dos domínios pesado e severo de intensidade, onde ocorrem comportamentos de resposta metabólica distintos que, no presente estudo, estão representados pelo perfil de $\dot{V}O_2$ ao exercício. O domínio severo de intensidade é caracterizado por um aumento contínuo do $\dot{V}O_2$ até atingir um valor máximo (similar ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no presente estudo) e a exaustão sendo iminente (GAESSER; POOLE, 1996; POOLE et al., 1988). Por outro lado, o exercício abaixo da velocidade do teste T10 estava situado no domínio pesado de intensidade, onde o $\dot{V}O_2$ atingiu um estado estável e o exercício pode ser mantido por um tempo prolongado, com a fadiga provavelmente sendo mediada pela depleção de glicogênio muscular (GAESSER; POOLE, 1996; POOLE et al., 1988). Assim, o teste T10 seria de grande utilidade para o treinamento e a prescrição de exercícios (JONES et al., 2010; VANHATALO; JONES; BURNLEY, 2011).

Supõe-se que a transição do exercício pesado para o severo ocorra em uma intensidade de exercício aproximadamente a meio caminho entre a potência/velocidade correspondente ao GET e a potência/velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (a 50% Δ) (GAESSER; POOLE, 1996; POOLE; WARD; WHIPP, 1990). No presente estudo, a velocidade medida nos últimos cinco minutos do teste T10 ocorreu

em aproximadamente 51% Δ (variação: 25 - 78% Δ). Pesquisas anteriores relataram que a VC ocorreu em 41% Δ (PRINGLE et al., 2002) e a potência crítica ocorreu em 46% Δ (POOLE et al., 1988; VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2007), em 43% Δ (variação : 28 - 65% Δ) da potência de teste final (BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006) e a 56% Δ da potência associada ao máximo estado estável de lactato (PRINGLE; JONES, 2002). Portanto, embora a literatura sugira que a VC ocorra em aproximadamente 50% Δ , as respostas individuais das trocas gasosas nessa intensidade de exercício podem variar consideravelmente (SMITH; JONES, 2001), pois a VC está localizado consideravelmente acima do GET em indivíduos pouco treinados.

O segundo parâmetro derivado do modelo de estimativa da VC é denominado *D'* (*d prime*, ou capacidade de trabalho anaeróbica, medida em metros) e está relacionado à natureza anaeróbica da relação velocidade-tempo ou à quantidade constante de trabalho que pode ser executada acima da VC (HILL; FERGUSON, 1999; POOLE et al., 2016). Como o nosso objetivo principal era fornecer um teste de esteira submáximo de curta duração, como uma alternativa viável para determinar a VC, em comparação com métodos mais convencionais, não tínhamos como objetivo quantificar o *D'*. Além disso, devido à natureza submáxima do teste T10, não é possível estabelecer o *D'*. Ainda, a determinação do *D'* a partir de métodos convencionais provou não ser muito confiável (BROXTERMAN et al., 2013; GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017a). Ressalta-se ainda que, a baixa representatividade do sexo feminino no presente estudo pode limitar a capacidade de generalização dos resultados.

Todos os participantes do presente estudo eram corredores recreacionais e não estavam cientes da velocidade durante o teste T10 para obrigá-los a selecionar a velocidade em relação ao esforço percebido. Os participantes foram capazes de selecionar uma velocidade durante o teste T10 que foi indicativa do máximo estado estável metabólico. Além disso, a velocidade do teste T10 foi similar à VC, determinada por um método convencional (três corridas até a exaustão, em uma pista de atletismo, em dias separados). Assim, o teste submáximo de 10 minutos, em esteira (T10), produz estimativas confiáveis e válidas da VC, oferecendo uma alternativa útil aos métodos convencionais de múltiplos testes exaustivos ou testes máximos para determinar a VC. Acreditamos que a principal vantagem prática do teste

T10, em relação aos métodos convencionais de determinação da VC é que, usando o teste T10, o máximo estado estável metabólico (ou VC) pode ser estabelecido em uma única sessão de exercício submáximo.

Dada a aplicabilidade da VC como um parâmetro do máximo do estado metabólico oxidativo estável, estudos futuros podem objetivar a validação do T10 em outras amostras da população, como indivíduos com sobrepeso ou obesidade, ou populações clínicas.

5 ESTUDO 2

PREDIÇÃO DO DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE RUA DE 5 KM E 10 KM A PARTIR DA VELOCIDADE CRÍTICA DETERMINADA EM UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA, E HÁBITOS DE TREINAMENTO DE CORREDORES DE RUA RECREACIONAIS

5.1 INTRODUÇÃO

O estudo da cinética do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e das respostas do lactato sanguíneo ao exercício possibilitou a discriminação de três domínios de intensidade do exercício (GAESSER; POOLE, 1996). O domínio do exercício moderado abrange as cargas de trabalho que podem ser realizadas sem um aumento constante da concentração de lactato, isto é, abaixo do limiar de lactato (LT, do inglês *lactate threshold*). Neste domínio, há um aumento inicial no $\dot{V}O_2$ e a obtenção de um novo estado estável, passados aproximadamente 3 minutos de exercício. O limite superior do domínio moderado é demarcado pelo limiar de trocas gasosas (GET, do inglês *gas exchange threshold*).

O início do domínio pesado é demarcado pela menor carga de trabalho em que há um aumento na produção de lactato acima dos valores encontrados no domínio moderado, porém, a taxa de produção não ultrapassa a taxa de remoção, ocorrendo um novo estado estável. O limite superior deste domínio é demarcado pelo máximo estado estável da concentração de lactato (MLSS, do inglês, *maximum lactate steady state*). Neste domínio, o $\dot{V}O_2$ apresenta um componente lento, que representa um $\dot{V}O_2$ adicional, acima daquele predito durante o exercício no domínio moderado, e então atinge um novo estado estável (GAESSER; POOLE, 1996).

O limite superior do domínio pesado do exercício é demarcado pelo segundo limiar ventilatório (VT_2 , do inglês *second ventilatory threshold*), ou pelo ponto de compensação respiratória (RCP, do inglês *respiratory compensation point*). Acima deste, no domínio severo do exercício tanto a concentração de lactato quanto o $\dot{V}O_2$ não atingem um estado estável, elevando-se constantemente até o surgimento da fadiga, geralmente coincidindo com a obtenção do $\dot{V}O_{2máx}$ (GAESSER; POOLE, 1996).

O limite superior entre os domínios pesado e severo do exercício também pode ser demarcado pela velocidade crítica (VC), ou potência crítica (PC), quando a carga

de trabalho é mensurada em unidades de potência (POOLE et al., 2016). Ou seja, a VC demarca a maior carga de trabalho (neste caso, a velocidade) na qual há um máximo estado estável metabólico oxidativo (representado pela concentração estável de lactato e pelo perfil estável do $\dot{V}O_2$). Em um contexto prático, a VC separa a velocidade na qual a tolerância ao exercício é previsivelmente limitada, daquela velocidade em que o exercício pode ser sustentado por longos períodos (exercício abaixo da VC).

Os parâmetros respiratórios (GET, VT_2 e $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$), de lactato (LT e MLSS) e a VC estão associados ao desempenho nos exercícios de endurance. O GET/LT está associado ao desempenho em eventos de longa duração. Durante a maratona, a contribuição do metabolismo anaeróbico é relativamente pequena, estando o GET/LT mais fortemente associado ao desempenho neste evento (JOYNER; COYLE, 2008). Já, durante as corridas de 5 km, 10 km e meia-maratona, onde há uma maior contribuição anaeróbica para o metabolismo do ATP, o VT_2 /RCP e a VC parecem influenciar mais fortemente o desempenho do atleta (BRANDON, 1995; GÓMEZ-MOLINA et al., 2017; JOYNER; COYLE, 2008). Por exemplo, já foi demonstrado uma forte associação entre o desempenho na corrida de 10 km e a VC (KOLBE et al., 1995). Recentemente, foi relatado que maratonistas de elite percorrem a prova a uma velocidade média que corresponde a 96% da VC (JONES; VANHATALO, 2017). Ou seja, o ponto de demarcação entre os domínios pesado e severo (VC) parece atuar como um forte preditor do desempenho de eventos de endurance. Ressalta-se que, em atletas de elite, tanto o GET/LT, quanto a VC ocorrem a uma fração relativamente maior do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, estando estes marcadores situados mais próximos um do outro (JONES; VANHATALO, 2017).

Existem dois métodos pelos quais a VC pode ser determinada. No método convencional, a VC é predita a partir de uma série de corridas até a exaustão, no domínio severo de intensidade, em diferentes velocidades (em esteira), ou diferentes distâncias (em pista de atletismo) (GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017b). No teste de velocidade máxima de 3 minutos, a velocidade ao final do teste é representativa da VC (BROXTERMAN et al., 2013; PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012). Estas características, associadas ao número de testes, ou à intensidade, podem inibir a aplicação da VC ao treinamento de corredores de rua recreacionais, uma vez que estes podem não ter muito tempo disponível ou apresentarem pouca inclinação a esforços extremos. Assim, perde-se um parâmetro poderoso do

desempenho de eventos de endurance. Nesse sentido, é interessante que um teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração e de visita única, para a determinação da VC, tenha sido desenvolvido (vide estudo 1). A VC estimada a partir do teste submáximo de 10 minutos, em esteira (T10), mostrou-se confiável e correspondente à VC determinada a partir de métodos convencionais. No entanto, não se sabe se a VC, estimada a partir do teste T10, apresenta alguma relação com o desempenho nas corridas de rua, mais especificamente, nas provas de 5 km e 10 km.

Outra questão de interesse é a necessidade da quantificação da relação entre a carga de treinamento e a competição, em corredores de rua recreacionais, levando-se em consideração tanto o volume de corrida quanto a intensidade. Das variáveis essenciais do treinamento, a intensidade do exercício e sua distribuição são provavelmente as mais críticas e mais debatidas. O processo do treinamento deve ser organizado para melhor desenvolver os parâmetros que determinam o desempenho nos eventos de endurance anteriormente citados (GET/LT, VT₂/MLSS, VC e $\dot{V}O_{2\text{máx}}$).

Pesquisas que objetivam quantificar a carga de treinamento para eventos de endurance geralmente classificam a intensidade em três zonas, relacionadas à ventilação e ao lactato (BILLAT et al., 2003; ENOKSEN; TJELTA; TJELTA, 2011; ESTEVE-LANAO et al., 2005; SEILER; KJERLAND, 2006). Na Zona 1, o treinamento é realizado em intensidades abaixo do LT/GET. A Zona 2 é classificada como treinamento de limiar anaeróbico, ou treinamento de limiar, e o exercício é realizado entre o LT/GET e o MLSS/VT₂. Na Zona 3, o treinamento é realizado acima da intensidade do MLSS/VT₂.

Embora estas pesquisas sejam úteis para a compreensão dos mecanismos dos efeitos do treinamento e para a previsão dos tempos de corrida em atletas de alto nível, elas são menos úteis para os corredores recreacionais que não têm acesso ao conhecimento especializado ou às ferramentas utilizadas em laboratório para a determinação destas zonas de treinamento. Pensando nestes corredores recreacionais, surge uma possibilidade do teste T10 quanto à sua capacidade de predição do desempenho nas corridas de rua, bem como da sua aplicabilidade na quantificação da carga de treinamento dos corredores recreacionais.

Portanto, os objetivos deste estudo foram: (1) avaliar a eficácia do teste T10 para a predição do desempenho das corridas de rua de 5 km e 10 km, em corredores recreacionais; (2) analisar a distribuição das sessões de treinamento de corrida, em corredores de rua recreacionais, segundo as zonas de intensidade associadas às

trocas respiratórias e à velocidade do teste T10; (3) determinar as relações entre as variáveis de treinamento e o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km, em corredores recreacionais.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Participantes

Quarenta e um corredores recreacionais participaram deste estudo (idade: $32,1 \pm 6,2$ anos, estatura: $173 \pm 7,3$ cm, massa corporal: $70,5 \pm 9,2$ kg). A amostra do estudo foi composta por 31 homens e 10 mulheres que possuíam no mínimo dois anos de experiência em corrida. Os participantes foram excluídos do estudo se apresentassem alguma doença ou lesão que interferisse no treinamento normal.

5.2.2 Delineamento experimental

O delineamento deste estudo é descritivo correlacional (THOMAS; NELSON; SILVERMAN; 2012). Os participantes realizaram um total de três testes em laboratório, em ocasiões distintas. Na primeira visita, os participantes realizaram um teste de esforço máximo até a exaustão volitiva, em uma esteira calibrada, para a determinação do GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2máx}$ e $v\dot{V}O_{2máx}$. Durante a segunda e a terceira visitas, foi realizado um teste submáximo de 10 minutos na esteira (T10), com o primeiro teste servindo como uma familiarização, o qual não foi incluído na análise de dados subsequente. Os participantes também responderam a um questionário na Web, relacionado aos seus hábitos de treinamento de corrida realizados na semana anterior ao início dos testes de laboratório. Dois participantes foram excluídos do estudo por não apresentarem dados de questionário consistentes com treinamento de corrida, por exemplo, apenas uma sessão de corrida na semana ou um baixo volume (5 km na semana).

5.2.3 Determinação do GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2MÁX}$ e $v\dot{V}O_{2MÁX}$

O teste incremental máximo para a determinação do GET, VT_2 , e da $v\dot{V}O_{2MÁX}$ está detalhado na seção métodos gerais.

5.2.4 Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10)

O teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10) está detalhado na seção métodos gerais.

5.2.5 Análise dos hábitos de treinamento dos corredores

Os corredores responderam a um questionário baseado na Web (APÊNDICE 2). sobre suas características de treinamento durante a semana anterior à participação no estudo. O questionário incluía itens sobre o melhor tempo do corredor, em corridas de 5 km e 10 km nos últimos 12 meses, volume típico de treinamento e o uso de corridas fáceis (*easy runs*), corridas difíceis (*tempo runs*) e corridas intervaladas de alta intensidade (intervalados). As corridas fáceis foram definidas como corridas realizadas em um ritmo confortável, as corridas difíceis foram definidas como corridas realizadas em um ritmo constante, próxima ao ritmo de competição, e os intervalados foram definidos como corridas de alta velocidade, intercaladas por períodos de recuperação. Os cálculos da semana de treinamento, relatados no questionário, foram utilizados para estimar: 1) o número médio de sessões de treinamento; 2) o volume médio de treinamento (km); 3) o número médio de corridas fáceis, corridas difíceis e intervalados; e 4) a distribuição da intensidade do treinamento.

O volume e o ritmo durante cada corrida realizada nas sessões de treino foram utilizados para determinar a intensidade do treinamento com base nas velocidades associadas ao GET, ao VT₂, e ao teste T10. As sessões de treinamento de corrida foram categorizadas de acordo com sua velocidade: (a) a uma velocidade abaixo do GET (Zona 1); (b) a uma velocidade entre o GET e o VT₂ (Zona 2); (c) a uma velocidade acima do VT₂ (Zona 3); e (d) a percentuais de velocidades relacionadas ao teste T10.

5.2.6 Análise estatística

Os dados foram examinados quanto à normalidade usando o teste Shapiro-Wilk. As diferenças entre a velocidade do teste T10, e as velocidades associadas aos parâmetros energéticos GET (v_{GET}), ao VT₂ (v_{VT_2}), ao $\dot{V}O_{2máx}$ ($v\dot{V}O_{2máx}$) e a velocidade média nas corridas de 5 km e 10 km foram avaliadas com o uso de modelos

lineares multinível (MLM). Um MLM também foi usado para comparar as velocidades das sessões de treinamento dos corredores (ou seja, corridas fáceis, corridas difíceis e intervalados) e a velocidade do teste T10. Um MLM não requer esfericidade, leva em consideração a hierarquia da amostragem e é capaz de analisar dados incompletos (QUENÉ; VAN DEN BERGH, 2004). Onde um efeito significativo foi detectado, comparações post-hoc foram feitas usando o teste de Tukey para comparações pareadas. As diferenças entre as médias foram comparadas utilizando o tamanho de efeito de Cohen (d) e seus intervalos de confiança de 95%. A magnitude das diferenças, ou tamanho do efeito das comparações foi interpretada como trivial (0-0,19), pequena (0,20-0,49), moderada (0,50-0,79) e grande (0,80 e superior) (CUMMING, 2014) como uma métrica alternativa de significado (WINTER; ABT; NEVILL, 2014).

O coeficiente de correlação produto-momento de Pearson e o intervalo de confiança 95% correspondente, foram calculados para determinar possíveis relações entre os parâmetros energéticos ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$, v_{GET} , v_{VT_2} , $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e a velocidade do teste T10) e os tempos das corridas de 5 km e 10 km.

Uma análise de regressão múltipla *stepwise* foi realizada usando as velocidades associadas aos parâmetros energéticos GET (v_{GET}), ao VT_2 (v_{VT_2}), ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($v\dot{V}O_{2\text{máx}}$) e a velocidade do teste T10 como preditores do desempenho das corridas de 5 km e 10 km. A multicolinearidade foi avaliada usando o fator de inflação de variação (VIF, do inglês *variance inflation factor*), que mede a inflação nas variações dos parâmetros estimados devido à multicolinearidade, potencialmente causada pelos preditores correlacionados (VATCHEVA et al., 2016). Qualquer variável que apresentou um VIF maior do que 10 não foi incluída no modelo. O teste de distância de Cook foi usado para verificar como casos individuais influenciaram o modelo como um todo (ou seja, o impacto que um caso tem na capacidade do modelo de prever todos os casos) (COOK, 1977). Os resultados do teste de Cook para qualquer ponto de dados único não devem exceder 1.

Todas as análises foram conduzidas utilizando o aplicativo RStudio (versão 1.2.5033; *RStudio team*, 2017) e R (versão 3.6.3; *R Core Team*, 2020) com os seguintes pacotes de R: ggplot2, versão 3.2.1 (WICKHAM; WINSTON, 2019); ICC versão 2.3.0 (WOLAK, 2016); lmerTest, versão 0.9-37 (HOTHORN et al., 2019); MBESS, versão 4.6.0; (KELLEY, 2019); nlme, versão 3.1-148 (PINHEIRO; BATES, 2020); pastecs, versão 1.3.21 (GROSJEAN; IBANEZ FREDERIC; ETIENNE, 2018); e

reshape2, versão 1.4.3 (WICKHAM, 2017). A significância estatística foi aceita em $p < 0,05$. Os resultados são apresentados como média \pm DP (desvio padrão), salvo indicação em contrário.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Testes de laboratório

O $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos participantes foi $52,9 \pm 6,3$ mL/kg/min. O GET e o VT_2 ocorreram em $75,9 \pm 4,2\%$ e $89,3 \pm 2,8\%$ do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, respectivamente. A velocidade associada ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($v\dot{V}O_{2\text{máx}}$) foi de $4,76 \pm 0,6$ m/s e a velocidade do teste T10 foi de $3,9 \pm 0,5$ m/s, o que representou 81% da $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$. A experiência média de corrida dos participantes foi de $7,3 \pm 5$ anos e seus melhores desempenhos nas corridas de 5 km e 10 km, nos últimos 12 meses, são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 - DESEMPENHO DOS PARTICIPANTES NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM (MÉDIA \pm DP).

	5 km	10 km
Tempo (min)	$20,5 \pm 2,7$	$42,8 \pm 5,7$
Velocidade (m/s)	$4,1 \pm 0,5$	$3,94 \pm 0,5$
Ritmo (min/km)	$4,1 \pm 0,5$	$4,3 \pm 0,6$
%$v\dot{V}O_{2\text{máx}}$	$87,3 \pm 4,9$	$82,8 \pm 6$
%$vT10$	$105 \pm 5,3$	$101 \pm 5,4$

FONTE: O autor (2020).

LEGENDA: % $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$: percentual da velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio; % $vT10$: percentual da velocidade associada ao teste T10.

5.3.2 Análises das velocidades

A velocidade associada aos parâmetros energéticos e ao desempenho das corridas de 5 km e 10 km são apresentados na Tabela 2. A análise MLM mostrou que essas velocidades foram significativamente diferentes entre si, $\chi^2(5) = 350,1$, $p < 0,001$. Ao comparar as diferenças entre as médias (post hoc de Tukey) e expressá-las pelo tamanho do efeito d de Cohen e seu IC de 95%, percebemos que a velocidade do T10 foi significativamente diferente da v_{GET} , v_{VT_2} , $v\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e da velocidade da corrida de

5 km corrida (TABELA 2). A magnitude dessas diferenças variou de moderada (0,5) a grande (1,8). Por outro lado, a velocidade do T10 foi similar à velocidade da corrida de 10 km. Também observamos que as velocidades de 5 km e 10 km foram similares

TABELA 2 - VELOCIDADE MÉDIA \pm DP (m/s) EM VÁRIOS PARÂMETROS ENERGÉTICOS E NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM, E SUAS DIFERENÇAS MÉDIAS EXPRESSAS COMO TAMANHO DO EFEITO DE COHEN (d) E IC DE 95%.

	vGET 3,35 \pm 0,4	vVT₂ 4,11 \pm 0,5	v\dot{V}O_{2max} 4,76 \pm 0,5	T10 3,9 \pm 0,5	5 km 4,14 \pm 0,5
vVT₂	1,6 (1,1, 2,1) $p = 0$				
v\dot{V}O_{2max}	2,9 (2,2, 3,4) $p = 0$	1,2 (0,7, 1,7) $p = 0$			
T10	1,2 (0,7, 1,7) $p = 0$	-0,5 (-0,1, 0,0) $p = 0,03$	-1,8 (-2,3, -1,2) $p = 0$		
5 km	1,7 (1,1, 2,2) $p = 0$	0,1 (-0,4, 0,5) $p = 0,8$	-1,1 (-1,6, -0,6) $p = 0$	0,6 (0,1, 1) $p = 0,02$	
10 km 3,94 \pm 0,5	1,3 (0,8, 1,8) $p = 0$	-0,3 (-0,8, 0,1) $p = 0,2$	-1,6 (-2,0, -1,0) $p = 0$	0,2 (-0,3, 0,6) $p = 0,5$	-0,4 (-0,9, 0,1) $p = 0,11$

FONTE: O autor (2020).

LEGENDA: vGET: velocidade associada ao limiar de trocas gasosas; vVT₂: velocidade associada ao segundo limiar ventilatório; v \dot{V} O_{2max}: velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio; T10: velocidade associada ao teste T10; 5 km: velocidade na corrida de 5 km; 10 km: velocidade na corrida de 10 km.

5.3.3 Quantificação da carga de treinamento

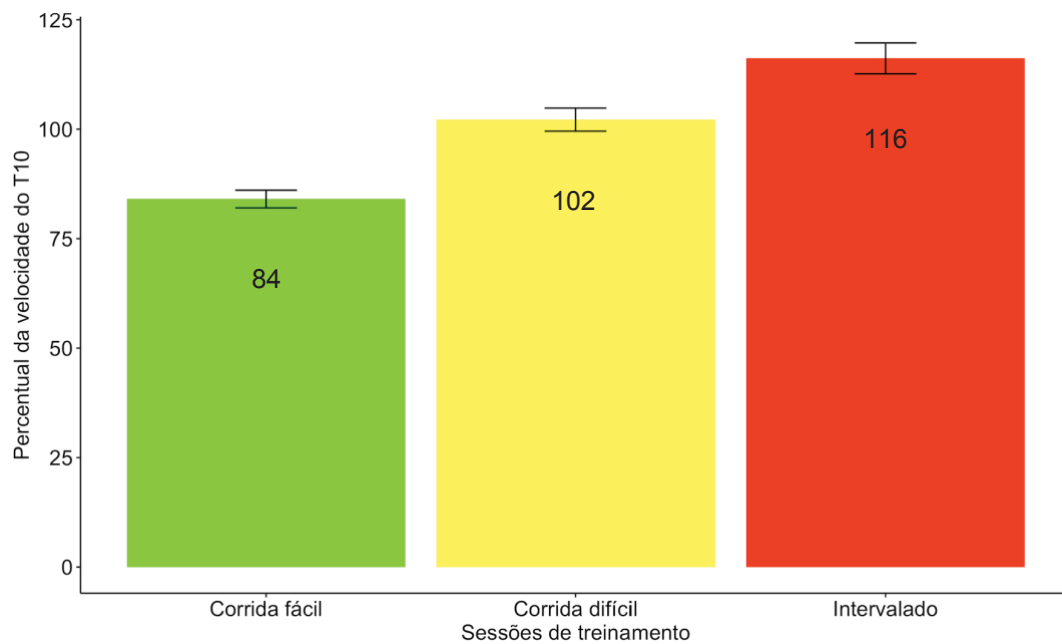
Durante a semana de treinamento anterior ao início dos testes, os participantes relataram uma média de 4,2 \pm 1 sessões de corrida. Destas sessões, 1,9 \pm 1 foram corridas fáceis, 1,2 \pm 0,8 foram corridas difíceis e 1,1 \pm 0,7 foram intervalados. Além disso, todos os corredores realizaram corridas fáceis, 81% dos corredores realizaram corridas difíceis e 84% dos corredores realizaram intervalados durante a semana reportada. O volume médio de treinamento, durante a semana, foi de 33,2 \pm 17,4 km. Destes, 18,4 \pm 13,9 km foram de corridas fáceis, 10,3 \pm 9,3 km de corridas difíceis e 4,4 \pm 3 km de intervalados.

As corridas fáceis foram realizadas a uma velocidade média de $3,25 \pm 0,3$ m/s, as corridas difíceis a $4 \pm 0,4$ m/s e os intervalados a $4,58 \pm 0,7$ m/s. A análise MLM mostrou que essas sessões de treinamento foram realizadas em velocidades significativamente diferentes, $\chi^2(2) = 141,72$, $p < 0,001$. As comparações post hoc de Tukey entre as diferenças, expressas como o tamanho do efeito d de Cohen, com IC 95%, mostraram que as corridas fáceis foram realizadas em menor velocidade em comparação com as corridas difíceis, $d = 2$ (IC 95%: 1,4, 2,5), as corridas intervaladas, $d = 2,6$ (IC 95%: 1,9, 3,2) e a velocidade do T10, $d = 1,6$ (IC 95%: 1,1, 2,1). As corridas difíceis foram realizadas em velocidade menor do que as corridas intervaladas $d = 1$ (IC 95%: 0,5, 1,5), mas em velocidade similar à velocidade do T10, $d = 0,3$ (IC 95%: -0,2, 0,8). Já, as corridas intervaladas foram realizadas a uma velocidade maior do que a velocidade do T10, $d = 1,3$ (IC 95%: 0,8, 1,8).

Ainda, a velocidade das corridas fáceis foi similar à v_{GET} , $d = 0,3$ (IC 95%: -0,18, 0,7), e a velocidade das corridas difíceis foi similar à v_{VT2} , $d = 0,2$ (IC 95%: -0,2, 0,7), enquanto a velocidade das corridas intervaladas foi maior do que a v_{VT2} , $d = -0,9$ (IC 95%: -1,4, -0,4).

Ao analisar a velocidade de treino utilizada nas sessões de corridas fáceis, difíceis e intervaladas, tendo como referência a velocidade do T10, constatamos que os corredores realizaram as corridas fáceis a $84 \pm 6,1\%$ da velocidade do T10, enquanto as corridas difíceis foram realizadas a $102 \pm 7\%$ da velocidade do T10 e os intervalados foram realizados a $116 \pm 9,6\%$ da velocidade do T10 (FIGURA 1).

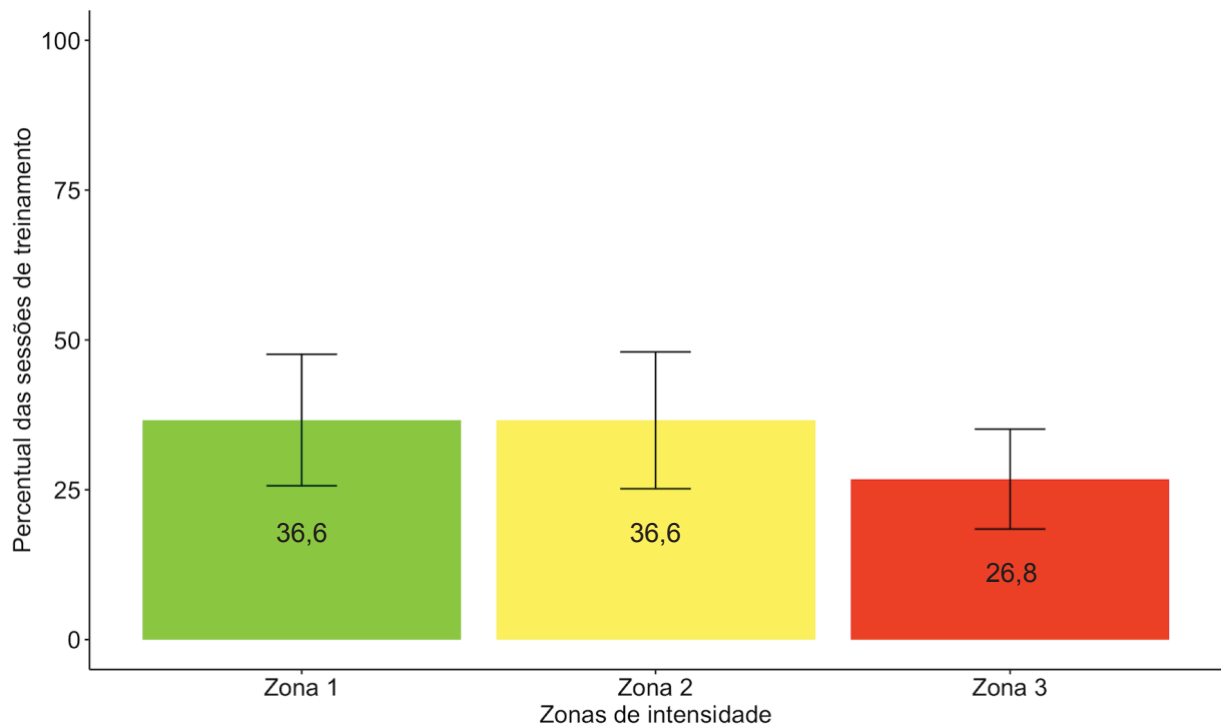
FIGURA 1 - PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10 UTILIZADOS NAS SESSÕES DE TREINAMENTO.



FONTE: O autor (2020).

Quando a distribuição da intensidade do treinamento foi analisada de acordo com as zonas de intensidade associadas ao GET e ao VT₂, foi observado que os corredores realizaram $36,6 \pm 32,8\%$ das sessões de treinamento na Zona 1, enquanto $36,6 \pm 34,2\%$ das sessões foram realizadas na Zona 2 e $26,8 \pm 25\%$ das sessões foram realizadas na Zona 3 (FIGURA 2).

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA INTENSIDADE DE TREINAMENTO DE ACORDO COM AS ZONAS ASSOCIADAS AOS LIMIARES VENTILATÓRIOS (GET E VT₂).



FONTE: O autor (2020).

5.3.4 Relação entre os parâmetros energéticos, variáveis de treinamento e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km

Observamos coeficientes de correlação significativos entre a velocidade do T10 e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km (tempo), o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, a v_{GET} , a v_{VT_2} e a $v\dot{V}O_{2\text{max}}$. A velocidade do T10 apresentou a correlação mais forte para os desempenhos nas corridas de 5 km e 10 km (TABELA 3).

TABELA 3 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (IC 95%) ENTRE A VELOCIDADE DO T10, O DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM E A VELOCIDADE ASSOCIADA AOS PARÂMETROS ENERGÉTICOS.

	$\dot{V}O_{2\text{máx}}$	vGET	vVT ₂	v $\dot{V}O_{2\text{máx}}$	T10
T10	0,77 (0,6, 0,88)	0,78 (0,62, 0,88)	0,84 (0,72, 0,92)	0,88 (0,79, 0,94)	
5 km	-0,64 (-0,80, -0,39)	-0,80 (-0,89, -0,64)	-0,87 (-0,93, -0,75)	-0,89 (-0,95, -0,80)	-0,90 (-0,95, -0,82)
10 km	-0,62 (-0,79, -0,36)	-0,72 (-0,85, -0,50)	-0,77 (-0,88, -0,59)	-0,83 (-0,91, -0,68)	-0,90 (-0,95, -0,81)

FONTE: O autor (2020).

LEGENDA: $\dot{V}O_{2\text{máx}}$: consumo máximo de oxigênio; vGET: velocidade associada ao limiar de trocas gasosas; vVT₂: velocidade associada segundo limiar ventilatório; v $\dot{V}O_{2\text{máx}}$: velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio; T10: velocidade associada ao teste T10. Todos $p < 0,001$.

Ao avaliar as associações entre a velocidade de treinamento, durante as diferentes sessões de treinamento, e os desempenhos nas corridas de 5 km e 10 km (TABELA 4), foram encontradas as correlações mais fortes entre as corridas difíceis e as corridas de 5 km e 10 km.

TABELA 4 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (IC 95%) ENTRE AS VELOCIDADES DE TREINAMENTO E O DESEMPENHO NAS CORRIDAS DE 5 KM E 10 KM.

	Corridas fáceis	Corridas difíceis	Intervalados
5 km	-0,79 (-0,89, -0,63)	-0,84 (-0,92, -0,68)	-0,78 (-0,89, -0,58)
10 km	-0,75 (-0,87, -0,56)	-0,85 (-0,93, -0,70)	-0,80 (-0,90, -0,63)

FONTE: O autor (2020).

NOTA: Todos $p < 0,001$.

Após excluir algumas variáveis por multicolinearidade (vVT₂ e v $\dot{V}O_{2\text{máx}}$), a análise de regressão múltipla mostrou que a velocidade do teste T10 foi o melhor preditor da performance das corridas de 5 km (R^2 ajustado = 0,81, $p < 0,001$, erro padrão da estimativa: 7,2 segundos) e 10 km (R^2 ajustado = 0,81, $p < 0,001$, erro padrão da estimativa: 15,6 segundos), explicando 81% da variação no desempenho

de ambas as corridas. A capacidade preditiva do modelo foi considerada aceitável (distância de Cook <1).

Ao considerar as relações entre o volume de treinamento e o desempenho das corridas, não observamos associações significativas entre tempo acumulado ou quilometragem percorrida durante as sessões de corridas fáceis, difíceis e intervaladas, com o desempenho das corridas de 5 km e 10 km.

5.4 DISCUSSÃO

O presente estudo procurou: (1) avaliar a eficácia do teste T10 para a predição do desempenho das corridas de rua de 5 km e 10 km; (2) analisar a distribuição das sessões de treinamento de corrida, em corredores de rua recreacionais, segundo as zonas de intensidade associadas às trocas respiratórias e à velocidade do teste T10; (3) determinar as relações entre as variáveis de treinamento e o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km.

O principal resultado foi que o teste T10 apresentou uma forte associação com o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km, sendo essa associação mais forte do que as apresentadas entre o GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2máx}$, $v\dot{V}O_{2máx}$ e o desempenho nestas corridas. De fato, o teste T10 foi capaz de explicar 81% da variação no desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km, em corredores recreacionais. Esse resultado mostra que a velocidade derivada do teste T10 está relacionada ao desempenho de endurance e, portanto, dá suporte à validade e à utilidade prática do teste. Ainda, os resultados mostraram que, segundo os relatos dos participantes no questionário, seus hábitos de treinamento consistiram em 45% de corridas fáceis, 28% de corridas difíceis e 26% de intervalados. As sessões de corridas fáceis foram realizadas a 84% da velocidade do teste T10 e essa velocidade foi similar à $vGET$. As sessões de corridas difíceis foram realizadas em uma velocidade similar à velocidade do T10, enquanto as sessões de intervalados foram realizadas a 116% da velocidade do T10, significativamente acima da vVT_2 ou da velocidade do T10, o que implica que os corredores estavam treinando no domínio severo de intensidade. Este último achado abre a possibilidade para utilizar percentuais da velocidade do teste T10 para a prescrição das sessões de treinamento de corrida.

O GET demarca a fronteira entre os domínios moderado e pesado de intensidade e está associado à velocidade que pode ser mantida durante uma

maratona (JONES, 2006; JOYNER; COYLE, 2008). Para eventos mais curtos, como as corridas de 5 km, 10 km e a meia-maratona, tanto o MLSS/VT₂, quanto a VC parecem ter uma maior influência sobre o desempenho (BRANDON, 1995; GÓMEZ-MOLINA et al., 2017; JOYNER; COYLE, 2008). Foi sugerido que a VC seria mais aplicável a esportes de endurance, com duração de até 30 minutos (VANHATALO; JONES; BURNLEY, 2011), mas pesquisas também mostraram sua relevância para eventos mais longos. Já foi demonstrado que atletas de maratona de elite completam a distância a uma velocidade que corresponde aproximadamente a 96% da VC (JONES; VANHATALO, 2017). Além disso, a VC também possui aplicações para o treinamento intervalado de alta intensidade (JONES; VANHATALO, 2017; PETTITT et al., 2015).

O melhor desempenho dos participantes, nas corridas de 5 km e 10 km, nos últimos 12 meses, correspondeu a aproximadamente 21 minutos e 43 minutos, respectivamente. A velocidade média alcançada durante as duas corridas correspondeu a 105% (desempenho de 5 km) e 101% (desempenho de 10 km) da velocidade do T10, o que evidencia uma maior exigência do metabolismo anaeróbico do que seria o caso durante a maratona. De fato, é esperado que o desempenho durante as corridas de 5 km e 10 km, que exigem tanto do metabolismo aeróbico quanto anaeróbico, tenha uma elevada contribuição da VC (JONES; VANHATALO, 2017; KOLBE et al., 1995; VANHATALO; JONES; BURNLEY, 2011).

Esta associação entre a VC e o desempenho nos eventos de endurance, relatada nas pesquisas anteriormente citadas, foi constatada a partir da VC determinada por métodos convencionais. O método convencional necessita da realização de três a cinco corridas exaustivas em esteira ou pista, em dias separados, para a determinação da VC (HILL, 1993). Esta característica pode contribuir para o fato de o conceito de VC não ser generalizado entre atletas e treinadores e praticantes recreacionais de exercícios de endurance. Como alternativa, novos métodos foram propostos para estimar a VC. Por exemplo, um teste único de corrida, em velocidade máxima, com 3 minutos de duração (BROXTERMAN et al., 2013; PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012); três corridas exaustivas, com diferentes distâncias, em pista de atletismo, realizadas no mesmo dia, com 30 minutos de recuperação, (GALBRAITH et al., 2014); ou três corridas exaustivas em esteira, com a mesma duração, separadas por 30 minutos de recuperação, também realizadas no mesmo dia (TRISKA et al., 2017b). No entanto, estes testes continuam sendo exaustivos, o

que pode limitar a sua aplicabilidade. Neste contexto, a característica submáxima do teste T10 e a sua comprovada validade para a determinação da VC (vide estudo 1), pode ser uma alternativa atraente para a utilização da VC no ambiente do treinamento da corrida.

Estudos anteriores relataram que, tanto a VC quanto o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ possuem a mesma capacidade preditiva ($R^2 = 0,72$) do desempenho na corrida de 10 km (KOLBE et al., 1995). Os autores sugeriram que o baixo poder preditivo da VC é devido a outros fatores envolvidos no desempenho da corrida, os quais não são mensurados pelo teste da VC. Já, em nosso estudo, a velocidade do teste T10 foi a variável mais fortemente correlacionada com o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km. O teste T10 é baseado na hipótese de que a velocidade autosselecionada durante o teste se aproximaria da velocidade máxima associada a um estado metabólico estável, representado por um perfil de $\dot{V}O_2$ que se estabilizaria em aproximadamente 5 a 10 minutos de exercício (PRINGLE et al., 2002; WHIPP, 1994). Assim, parece que o teste T10 define com sucesso a fronteira entre o domínio pesado e severo de intensidade. É possível sugerir que a alta capacidade do teste T10 em prever o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km reflete a máxima taxa metabólica oxidativa sustentável (VC) e a contribuição anaeróbica para esses eventos de endurance. Os resultados do presente estudo são consistentes com pesquisas anteriores sobre a relação entre a VC e o desempenho (JONES et al., 2010), e demonstram que um teste submáximo de 10 minutos, em esteira, para determinar a VC, tem uma forte validade preditiva e ecológica.

No presente estudo, houve uma diferença marginal entre a velocidade do teste T10 e a vVT_2 (TABELA 2), estando ambas significativamente correlacionadas entre si. Pesquisas anteriores demonstraram que estes dois parâmetros podem ser identificados em intensidades similares durante um teste incremental (BERGSTROM et al., 2013; DEKERLE et al., 2003). Apesar da aparente similaridade entre ambos os parâmetros, esta relação é um tanto inconsistente: $r = 0,07$ (DEKERLE et al., 2003), $r = 0,91$ (BERGSTROM et al., 2013) e $r = 0,6$ (BLACK et al., 2014) relatados em algumas pesquisas. Os determinantes fisiológicos e uma relação mecanicista entre estes parâmetros são importantes para estabelecer se o VT_2/RCP é um substituto válido da VC. Entretanto, resultados de novas pesquisas continuam a indicar uma fraca relação entre o VT_2 e a VC (BROXTERMAN et al., 2015; LEO et al., 2017).

Sexo, idade, índice de massa corporal, quilometragem semanal de treino, treinamento intervalado e corridas difíceis foram identificados recentemente como preditores significativos da performance de corridas de 5 km, 10 km, meia-maratona e maratona, em uma grande amostra de corredores recreacionais (1413 homens e 890 mulheres) (VICKERS; VERTOSICK, 2016). De similaridades com o nosso estudo, podemos apontar os tempos de desempenho nas corridas de 5 km e 10 km, bem como a associação entre as corridas difíceis e o desempenho nestas provas.

Várias pesquisas já quantificaram as características de treinamento de atletas de eventos de endurance, utilizando parâmetros associados aos limiares de trocas respiratórias (GET/VT₁ e VT₂/RCP), de concentrações sanguíneas de lactato (LT, MLSS/LT₂) e dados de frequência cardíaca. De acordo com estes parâmetros, há três zonas de intensidade: a Zona 1 situada abaixo do GET (ou do limiar de lactato), a Zona 2, situada entre o GET e o VT₂ (ou limiar anaeróbico) e a Zona 3, situada acima do VT₂. Estas pesquisas relataram um padrão de distribuição da intensidade de treino denominado “treinamento Polarizado”. Isto é, um grande volume de treinamento (70% a 80%) distribuído na Zona 1, entre 5% a 10% localizado na Zona 2 e 15% a 20% das sessões de treino realizadas na Zona 3 (BILLAT et al., 2003; ENOKSEN; TJELTA; TJELTA, 2011; ESTEVE-LANAO et al., 2005; SEILER; KJERLAND, 2006). Outros estudos relataram um padrão de distribuição da intensidade denominado de “treinamento de Limiar”. Segundo este modelo, uma maior parte das sessões de treino (cerca de 20%) é realizada entre os limiares ventilatórios ou de lactato (KENNEALLY; CASADO; SANTOS-CONCEJERO, 2017; LONDEREE, 1997; SEILER, 2010).

Ao categorizarmos a distribuição da intensidade de treino dos participantes do presente estudo, em função das zonas de intensidade associadas ao GET e ao VT₂, observamos uma grande variabilidade nesta distribuição. Apesar desta variação, identificamos que aproximadamente 37% das sessões de treino foram realizadas nas Zonas 1 e 2 e os 26% das sessões restantes ficaram localizados na Zona 3 (Figura 2). Este resultado indica que esta distribuição da intensidade das sessões não está em conformidade com nenhum dos modelos citados anteriormente. De acordo com estudos que compararam os dois modelos de distribuição da intensidade de treinamento (Polarizado versus Limiar), tanto em corredores recreacionais, como em corredores de alto nível, o modelo Polarizado apresentou uma melhora maior sobre o desempenho na corrida, em relação ao treinamento de Limiar (KENNEALLY; CASADO; SANTOS-CONCEJERO, 2017; LANAO-ESTEVE et al., 2007; MUÑOZ et

al., 2014). Com base nestes resultados, é possível sugerir que os participantes do presente estudo poderiam melhorar a performance nas corridas, a partir da adoção de um modelo Polarizado de treinamento. Porém, para efetivar um programa de treinamento Polarizado, seguindo o modelo dos estudos já citados, é necessário a identificação das zonas de treinamento, procedimento este geralmente realizado a partir da análise das trocas respiratórias ou da concentração de lactato, em testes laboratoriais, com equipamentos e pessoal especializado. Este fato pode inviabilizar o uso de tal modelo de treinamento para a maioria da população de corredores recreacionais.

Os resultados do presente estudo demonstraram que os corredores de rua recreacionais realizaram, na semana anterior ao início do estudo, as sessões de corridas fáceis a 84% da velocidade do teste T10, sendo esta velocidade similar à v_{GET} (aproximadamente 3,35 m/s). O GET demarca a fronteira entre os domínios moderado e pesado de intensidade. As sessões de corridas difíceis foram realizadas na velocidade do teste T10, a qual os resultados prévios sobre a validade do teste T10, indicaram estar situada bem próxima do limite entre os domínios pesado e severo de intensidade (vide estudo 1). As corridas intervaladas foram realizadas a uma velocidade consideravelmente acima (116%) do teste T10, provavelmente no domínio severo de intensidade (Figura 1). Desta forma, é possível sugerir que a velocidade do teste T10 pode ser utilizada para a prescrição do treinamento da corrida de acordo com os domínios de intensidade do exercício. Esta característica do teste T10 evidencia a sua possibilidade de aplicação para o controle e prescrição do treinamento de corrida.

Na avaliação das associações entre as variáveis de treino e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km, as diferentes sessões de treino (corridas fáceis, corridas difíceis e intervalados) apresentaram associações significativas, destacando-se, dentre estas, a associação entre as corridas difíceis e o desempenho em ambas as corridas. Não ocorreram associações significativas entre o volume de treinamento, quer seja quando analisado a partir da quilometragem ou do tempo, com o desempenho nas provas de 5 km e 10 km. Possivelmente, um dos fatores limitantes desta análise foi que consideramos apenas uma semana de treino, enquanto pesquisas que encontraram associações significativas entre o volume de treino e o desempenho em eventos de endurance, como corridas de 5 km e 10 km, avaliaram períodos de treinamento consideravelmente maiores, tendo assim dados mais

robustos para as análises (ENOKSEN; TJELTA; TJELTA, 2011; ESTEVE-LANAO et al., 2005; SEILER; KJERLAND, 2006). Outra possibilidade de explicação é que o corredor poderia estar em diferentes períodos ou ciclos de treinamento, fator que pode alterar consideravelmente o volume e a intensidade de treino. Este fato se apoia na grande variabilidade encontrada para o volume de treinamento, reportado pelos corredores do nosso estudo, para cada tipo sessão de corrida realizada.

Dentre as limitações do presente estudo, podemos citar o relato das sessões de treino de corrida dos participantes ser relativo a apenas a semana anterior ao início do estudo, fato que pode tornar limitada a representatividade das sessões de treinamento de corrida, devido a possíveis diferenças nas fases de treinamento em que cada corredor se encontrava. Porém, o relato recordatório da última semana das sessões de treino pode resultar com maior precisão do que a solicitação de relatos referentes a semanas ou meses anteriores. Outro fato é a pouca representatividade do sexo feminino entre os participantes do estudo, o que pode limitar a generalização dos resultados. Outro fator limitante pode estar relacionado ao relativo baixo número de participantes do estudo, em vista da grande população de corredores de rua. Porém, quando comparamos algumas características dos participantes do nosso estudo com um estudo que analisou algumas variáveis preditoras de desempenho em um grupo relativamente grande de corredores recreacionais (890 mulheres e 1413 homens), percebemos que os dados antropométricos e algumas variáveis de desempenho, como os tempos nas corridas de 5 km e 10 km são similares aos valores apresentados em nosso estudo (VICKERS; VERTOSICK, 2016), o que pode indicar que os participantes do presente estudo podem ser representativos da população de corredores de rua recreacionais.

Concluindo, os resultados do presente estudo demonstram que o teste submáximo T10, em esteira, para estimar a VC está significativamente correlacionado com o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km. A associação entre o T10 e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km foi maior do que as associações entre o GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2máx}$ e $v\dot{V}O_{2máx}$. Esses resultados fornecem evidências da validade ecológica e da relevância da aplicação prática do teste T10. Além de sua capacidade de prever o desempenho em eventos de endurance, a velocidade do teste T10 (VC) pode ser determinada objetivamente, com alta confiabilidade teste-reteste, em uma única sessão. Ainda, os resultados sugerem que a velocidade do teste T10 pode ser aplicada para a prescrição do treinamento da corrida, de acordo com os domínios

moderado, pesado e severo de intensidade do exercício. Estudos futuros podem testar a aplicabilidade do T10 para a prescrição do treinamento de corredores de rua.

6 ESTUDO 3

A DINÂMICA DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS, DE ESFORÇO E DE PRAZER E DESPRAZER DURANTE O EXERCÍCIO REALIZADO LEVEMENTE ABAIXO E ACIMA DA VELOCIDADE CRÍTICA PREDITA A PARTIR DE UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA

6.1 INTRODUÇÃO

Convencionalmente, a intensidade do exercício tem sido operacionalizada usando porcentagens da capacidade máxima de trabalho, como o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) ou a frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) (GARBER et al., 2011). Este método de prescrição assume que as características das respostas metabólicas e a duração tolerável do exercício, entre indivíduos que se exercitam em uma porcentagem comum do máximo, são idênticas. Entretanto, esta abordagem não é capaz de garantir uma individualização apropriada da intensidade do exercício, devido à variação individual nos limiares fisiológicos (IANNETTA et al., 2020). Por exemplo, para o mesmo percentual do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ou da $FC_{\text{máx}}$, duas pessoas podem estar se exercitando em diferentes intensidades. Uma alternativa a esta abordagem é a prescrição do exercício a partir de referenciais metabólicos, demarcados a partir de domínios de intensidade.

O domínio moderado de intensidade é determinado pelo limiar de trocas gasosas (GET, do inglês *gas exchange threshold*) ou do limiar de lactato (LT, do inglês *lactate threshold*), geralmente durante um teste incremental máximo. O domínio pesado de intensidade está situado entre o GET/LT e a velocidade crítica (VC) ou a potência crítica (PC), quando a carga de trabalho é atribuída na forma de potência. Acima da VC/PC está localizado o domínio severo de intensidade. Estes três domínios são caracterizados de formas distintas quanto ao comportamento do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$). No domínio moderado, o $\dot{V}O_2$ atinge rapidamente um estado estável, que perdura até o final do exercício. O exercício no domínio pesado causa um componente lento adicional do $\dot{V}O_2$, que atrasa a obtenção de um estado estável, elevando o $\dot{V}O_2$ acima do previsto. O exercício no domínio severo de intensidade não resulta em um estado fisiológico estável, ocorrendo um aumento contínuo no $\dot{V}O_2$ até atingir ou se aproximar do seu valor máximo, culminando com a fadiga (GAESSER;

POOLE, 1996; POOLE et al., 1988). Assim, a VC pode ser entendida como um referencial da maior velocidade associada a um metabolismo oxidativo estável. Dito de outra forma, a VC separa dois domínios de intensidade (pesado e severo), onde comportamentos metabólicos distintos ocorrem. Esses domínios são de forte poder adaptativo, pois o perfil metabólico muda consideravelmente quando o exercício é realizado um pouco abaixo ou acima deles. O exercício prescrito na VC pode ser prolongado por um tempo que varia entre 15 a 40 minutos, aproximadamente (JONES et al., 2019).

No contexto da prescrição do exercício, o esforço percebido durante o exercício em diferentes domínios de intensidade também requer a atenção. A percepção subjetiva do esforço (PSE) é utilizada para medir subjetivamente o esforço e a intensidade do exercício, complementando medidas objetivas, como o $\dot{V}O_2$ e a FC (ROBERTSON; NOBLE, 1997). Acredita-se que a percepção consciente do esforço seja derivada de estímulos sensoriais provenientes de vários sistemas biológicos diferentes, incluindo os sistemas cardiovascular, respiratório e musculoesquelético. Propõe-se que as mudanças em todos esses sistemas sejam monitoradas pelo cérebro durante o exercício. Dependendo das circunstâncias, o exercício é regulado para evitar que processos metabólicos se desviem suficientemente para causar danos corporais (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008). Fatores psicossociais, como a valência afetiva, autoeficácia, foco de atenção, tolerância à dor, e a música também podem atuar no esforço percebido durante o exercício (ALVAREZ-ALVARADO et al., 2019). Tem sido sugerido que a PSE também atuaria como um mecanismo de predição da duração do exercício. Nesta visão, a PSE aumentaria linearmente com a intensidade do exercício, atingindo o seu valor máximo ao final da tarefa, seja por exaustão volitiva ou ao final de testes contrarrelógio onde o ritmo é ditado pelo praticante (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008).

Além de diferentes intensidades promoverem respostas fisiológicas distintas, o exercício também influencia as valências afetivas, como as sensações de prazer e desprazer (P/D) (EKKEKAKIS; PARFITT; PETRUZZELLO, 2011). O exercício praticado no domínio moderado é mais prazeroso até a intensidade atingir o GET/LT, demarcadores do seu limite superior. Estas respostas são consistentes em populações com baixos níveis de atividade física (DASILVA et al., 2010), ou com sobrepeso (KRINSKI et al., 2017). Quando a intensidade do exercício ultrapassa o GET (domínios pesado e severo), as respostas afetivas desprazerosas começam a

prevalecer (ROSE; PARFITT, 2007). Ou seja, a intensidade do exercício que requer uma maior contribuição do metabolismo anaeróbico pode causar um impacto substancialmente negativo na sensação de prazer (FOLLADOR et al., 2018). Porém, nesta intensidade também há um pouco de variação, com alguns participantes apresentando uma elevação do prazer quando a intensidade aumenta, enquanto outros têm a mesma sensação quando o exercício é leve (ALVAREZ-ALVARADO et al., 2019).

No contexto da prática do exercício físico e aderência, a quantidade de esforço percebido e o prazer ou desprazer que os participantes experimentam podem influenciar sua atividade física futura. Atividades que causam uma sensação de prazer tendem a ser repetidas, enquanto o exercício extenuante e desprazeroso possivelmente será evitado no futuro. De fato, respostas afetivas agudas a um exercício de intensidade moderada previram a participação subsequente na atividade física seis e doze meses depois, entre adultos sedentários (WILLIAMS et al., 2008). Assim, é importante que o iniciante em programas de exercício físico realize as atividades em uma intensidade que venha lhe trazer prazer, ou seja, um grau de esforço que esteja situado no domínio moderado.

A VC/PC é comumente determinada a partir de dois métodos. No método convencional, a VC é predita a partir de uma série de corridas até a exaustão, no domínio severo de intensidade, em diferentes velocidades (em esteira), ou diferentes distâncias (em pista de atletismo) (GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017b). No método alternativo, emprega-se um teste de velocidade máxima de 3 minutos, onde a velocidade ao final do teste é representativa da VC (BROXTERMAN et al., 2013; PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012). Estas características podem inibir a aplicação da VC para a prescrição do exercício aeróbico, uma vez que determinadas parcelas da população podem não ter muito tempo disponível para vários testes, ou podem apresentar pouca inclinação a esforços extremos, ou populações em que não é recomendável a aplicação de testes extenuantes. Assim, perde-se uma ferramenta valiosa para a prescrição do exercício. Nesse sentido, é interessante que um teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração e de visita única, para a determinação da VC, tenha sido desenvolvido (vide estudo 1). A VC estimada a partir de um teste submáximo de 10 minutos, em esteira (T10), mostrou ser confiável e correspondente à VC determinada a partir de métodos convencionais. Ou seja, foi demonstrado que a velocidade do teste T10 é representativa do máximo estado

metabólico estável durante o exercício e, portanto, demarca o limite entre os domínios pesado e severo de intensidade.

Portanto, o presente estudo foi desenvolvido para investigar a dinâmica das respostas fisiológicas ($\dot{V}O_2$ e FC), de esforço (PSE) e afetivas (P/D) durante o exercício prescrito levemente abaixo e acima da velocidade do teste T10.

6.2 MÉTODOS

Quarenta e um corredores recreacionais participaram deste estudo. A amostra do estudo foi composta por 31 homens e 10 mulheres que possuíam no mínimo dois anos de experiência em corrida. Os participantes foram excluídos do estudo se apresentassem alguma doença ou lesão que interferisse no treinamento normal.

6.2.1 Delineamento experimental

A presente pesquisa é caracterizada por um delineamento *ex post facto* (THOMAS; NELSON; SILVERMAN; 2012). Os participantes realizaram um total de seis testes, com um mínimo de 24 horas de descanso entre cada teste, mas não mais de 48 horas entre as sessões de teste. Todos os testes foram concluídos dentro de 3 semanas. Os participantes abstiveram-se de exercícios pesados nas 24 horas anteriores aos testes e da ingestão de álcool por 24 horas, e ingestão de alimentos ou cafeína nas 3 horas anteriores a cada teste. Os participantes foram instruídos a chegar ao laboratório na mesma hora do dia. Os participantes realizaram primeiro um protocolo de incremental, em esteira, para a determinação do $\dot{V}O_{2máx}$, da velocidade associada ao $\dot{V}O_{2máx}$ ($v\dot{V}O_{2máx}$) e do limiar de trocas gasosas (GET). Durante a segunda visita, os participantes realizaram um teste submáximo de 10 minutos, em esteira (T10), que serviu como um teste de familiarização para reduzir o efeito da prática associado a vários testes e não foi incluído na análise dos dados. Na visita seguinte, os participantes realizaram o teste T10 para determinar a velocidade com a qual executariam três testes de velocidade constante. Nas últimas três visitas, os participantes realizaram corridas de velocidades constantes, por 20 minutos ou até a exaustão, na velocidade do teste T10 e a 5% abaixo ou acima da velocidade do teste T10. Um participante falhou em se reportar ao laboratório para o teste em esteira, de velocidade constante, a 5% abaixo da velocidade do teste T10. Um participante falhou

em se reportar ao laboratório para o teste em esteira com velocidade constante a 5% acima da velocidade do teste T10.

6.2.2 Determinação do GET, $\dot{V}O_{2MÁX}$ e $v\dot{V}O_{2MÁX}$

O teste incremental máximo para a determinação do GET, e da $v\dot{V}O_{2MÁX}$ está detalhado na seção métodos gerais.

6.2.3 Teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10)

O teste submáximo em esteira, com 10 minutos de duração (T10) está detalhado na seção métodos gerais.

6.2.4 Respostas fisiológicas, de esforço percebido e sensações de prazer e desprazer durante a corrida prescrita a partir da velocidade crítica predita pelo teste de 10 minutos

Nos dias subsequentes, os participantes realizaram três corridas de 20 minutos em esteira (Master Super ATL, Inbramed, Porto Alegre, Brasil), em velocidade constante, na velocidade do teste T10 ($vT10$) ou a 5% abaixo ou 5% acima da $vT10$. Após um aquecimento de 3 minutos a 2,22 m/s, a velocidade da esteira foi aumentada de modo incremental até a velocidade selecionada para o participante, quando o cronômetro foi iniciado. O tempo decorrido de cada teste foi registrado no segundo mais próximo até seu término, aos 20 min, ou até o momento em que o participante agarrou o corrimão da esteira, sinalizando exaustão. A ordem dos testes foi randomizada e os participantes não foram informados se o teste estava na $vT10$, ou 5% abaixo da $vT10$ ou 5% acima da $vT10$. Assim, os participantes exercitaram-se por 20 minutos ou até a exaustão, qual ocorreu primeiro. Durante os testes, a esteira foi ajustada em 1% de inclinação para refletir o custo energético da corrida na pista/rua (JONES; DOUST, 1996). O display do painel de controle foi encoberto para que os participantes não tivessem conhecimento da velocidade, distância e tempo decorridos. As trocas gasosas pulmonares foram medidas respiração por respiração ao longo dos testes (K4b2, COSMED, Roma, Itália) e a média foi feita em intervalos de 15 segundos. A frequência cardíaca (FC) foi medida continuamente com um monitor de FC (H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). A percepção subjetiva do esforço (PSE) foi

mensurada pela escala OMNI-Walk/run (UTTER et al., 2004) a cada cinco minutos, a partir do início do teste. A valência afetiva, isto é, as sensações de prazer/desprazer (P/D), foi mensurada pela escala de sensação (HARDY; REJESKI, 1989) no minuto anterior ao início do teste e a cada cinco minutos, a partir do início do teste.

6.2.5 Percepção subjetiva do esforço

A percepção subjetiva do esforço (PSE) global foi determinada com o auxílio da escala OMNI-Walk/Run (UTTER et al., 2004) (ANEXO 3). Esta escala é formada por 11 pontos, com descritores verbais e visuais variando de 0 (“Muito fácil”) até 10 (“Muito difícil”). O participante foi solicitado a relatar a sua PSE durante o teste incremental máximo (mensurada a cada minuto), no T10 (mensurada ao final do teste) e das corridas prescritas a partir da vT10 (mensurada nos minutos 5, 10, 15 e 20, durante a corrida). A escala OMNI-Walk/Run foi visualizada pelo participante durante todos os testes. As instruções referentes à mensuração da PSE, que foram repassadas aos participantes, são as seguintes (UTTER et al., 2004):

“Nós gostaríamos que você caminhasse e então corresse na esteira. Por favor, utilize os números nesta escala para nos dizer como o seu corpo se sente durante a caminhada e a corrida. Olhe para a pessoa no início da subida e que está iniciando a caminhada. Se você estiver se sentindo como esta pessoa enquanto estiver caminhando, o seu esforço corresponderá a “Muito fácil”. Neste caso, sua percepção do esforço é equivalente ao número “0”. Agora, olhe para a pessoa que está exausta no topo da subida. Se você estiver se sentindo como esta pessoa enquanto estiver caminhando/correndo, o seu esforço corresponderá a “Muito difícil”. Neste caso, sua percepção de esforço é equivalente ao número “10”. Se você se sentir entre “Muito Fácil” e “Muito Difícil”, então aponte um número entre 0 a 10. Nós iremos pedir para você apontar um número correspondente a como você está sentindo todo o seu corpo, incluindo suas pernas e sua respiração. Use as figuras e as palavras para ajudá-lo(a) a selecionar um número. Lembre-se, não existem números certos ou errados. Use qualquer um dos números para nos indicar como o seu corpo está se sentindo enquanto caminha ou corre.”

Ao final de cada minuto, durante o teste incremental máximo, ao final do teste T10, e a cada 5 minutos, nas corridas prescritas a partir do teste T10, foi perguntado ao participante: “Qual é a sua percepção de esforço neste momento?”

6.2.6 Sensações de prazer e desprazer

As sensações de prazer e desprazer (P/D) foram coletadas durante o teste incremental máximo (mensuradas a cada minuto), o T10 (mensurada ao final do teste) e das corridas prescritas a partir da vT10 (mensuradas imediatamente antes do início da corrida e nos minutos 5, 10, 15 e 20, durante a corrida). O instrumento utilizado foi a Escala de Sensação (HARDY; REJESKI, 1989) (ANEXO 4). Esta é uma escala bipolar de 11 pontos, variando entre +5 ("Muito bom") e -5 ("Muito ruim"). As instruções repassadas aos participantes foram:

"Por favor, use os números desta escala para nos indicar como o seu corpo está se sentindo durante o exercício. Se você estiver sentindo o exercício como "Muito bom" (prazeroso ou confortável), então o número correspondente será "+5". Caso você estiver sentindo o exercício como "Muito ruim" (desprazeroso ou desconfortável), então o número correspondente será "-5". Se você estiver se sentindo de maneira "Neutra" (entre o prazer/desprazer e conforto/desconforto), então o número correspondente será "0".

Ao final de cada minuto durante o teste incremental máximo, ao final do teste T10 e durante as corridas prescritas a partir do teste T10, foi perguntado ao participante: "Qual é a sua sensação neste momento?".

6.2.7 Análise estatística

Os dados foram examinados quanto à normalidade usando o teste Shapiro-Wilk. A análise das respostas fisiológicas ($\dot{V}O_2$, FC), de percepção do esforço (PSE) e de valência afetiva (P/D) durante as condições de exercício 5% abaixo da vT10, na vT10 e 5% acima da vT10, foi realizada por meio de modelos lineares multinível (MLM). Um modelo multinível não requer esfericidade, leva em consideração a hierarquia da amostragem e é capaz de analisar dados incompletos (QUENÉ; VAN DEN BERGH, 2004). Onde um efeito significativo foi detectado, comparações post-hoc foram feitas usando o teste de Tukey para comparações pareadas. As diferenças entre as médias foram comparadas utilizando o tamanho de efeito de Cohen (d) e seus intervalos de confiança de 95%. A magnitude das diferenças, ou tamanho do efeito das comparações foi interpretada como trivial (0-0,19), pequena (0,20-0,49),

moderada (0,50-0,79) e grande (0,80 e superior) (CUMMING, 2014) como uma métrica alternativa de significado (WINTER; ABT; NEVILL, 2014).

Como alguns participantes atingiram a exaustão antes de completarem os 20 minutos da condição 5% acima da vT_{10} , houve um número distinto de pontos nas avaliações cardiopulmonar, de PSE e de P/D. Assim, as três condições foram normalizadas em relação ao tempo e essas variáveis foram plotadas em função da porcentagem de tempo completo: pré-exercício (apenas P/D), 25%, 50%, 75% e 100% do exercício.

Os valores individuais das variáveis fisiológicas, da PSE e de P/D foram aplicados a equações de regressão univariadas, em função do tempo, para obter a inclinação da reta da equação linear, nas três condições. Uma análise por MLM foi empregada para examinar possíveis diferenças, entre as condições, para a inclinação da reta da PSE e de P/D. A correlação de Pearson foi empregada para determinar a relação entre as retas de $\dot{V}O_2$, FC, PSE e P/D e o tempo de exaustão na condição 5% acima da vT_{10} .

Todas as análises foram feitas com o RStudio (Versão 1.2.5033; RStudio team, 2017) e R (Versão 3.6.3; R Core Team, 2020) com os seguintes pacotes R: ggplot2, versão 3.2.1 (WICKHAM; WINSTON, 2019); ICC versão 2.3.0 (WOLAK, 2016); lmtest, versão 0.9-37 (HOTHORN et al., 2019); pastecs, versão 1.3.21 (GROSJEAN; IBANEZ FREDERIC; ETIENNE, 2018); e reshape2, versão 1.4.3 (WICKHAM, 2017). A significância estatística foi aceita em $p < 0,05$. Os resultados são apresentados como média \pm DP (desvio padrão), salvo indicação em contrário.

6.3 RESULTADOS

Os dados descritivos dos participantes estão apresentados na TABELA 1. O valor médio do GET ocorreu a um $\dot{V}O_2$ que correspondeu a 76% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (mín: 68,5%, máx: 84%), 82% da $FC_{m\acute{a}x}$ (mín: 74%, máx: 93%) e 71% da $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (mín: 61%, máx: 83%). A velocidade média do teste T10 (vT_{10}) foi de $3,87 \pm 0,51$ m/s e correspondeu a 91% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (mín: 77%, máx: 99,5%), 91% da $FC_{m\acute{a}x}$ (mín: 85,5%, máx: 100%) e 81% da $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (mín: 72%, máx: 93%).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES DO ESTUDO.

	M	DP
Idade (anos)	32,3	6
Estatura (cm)	172,7	7,3
Massa corporal (kg)	70,1	9,2
IMC (kg/m ²)	23,5	2
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)	52,4	7
GET (ml/kg/min)	39,9	6,2
FC _{máx} (bpm)	181,3	9,1
vT10 (m/s)	3,87	0,51

FONTE: O autor (2020).

LEGENDA: IMC = índice de massa corporal; $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ = consumo máximo de oxigênio; GET = limiar de trocas gasosas; FC_{máx} = frequência cardíaca máxima; vT10 = velocidade associada ao teste T10.

6.3.1 Consumo de oxigênio

Houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 80,99$, $p < 0,001$ do tempo, $\chi^2(3) = 454,49$, $p < 0,001$, e uma interação entre a condição e o tempo, $\chi^2(6) = 76,27$, $p < 0,001$ sobre as respostas do $\dot{V}O_2$. O $\dot{V}O_2$ médio durante a condição 5% acima da vT10 ($49,7 \pm 7,3$ mL/kg/min; 95% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) foi similar à condição vT10 ($47,7 \pm 6,9$ mL/kg/min; 90% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$), $d = 0,34$ (IC 95%: -0,14, 0,87), e maior em comparação com a condição 5% abaixo da vT10 ($45,7 \pm 6,1$ mL/kg/min; 86% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$), $d = 0,69$ (IC 95%: 0,18, 1,2). Os valores médios de $\dot{V}O_2$ foram similares entre as condições 5% abaixo vT10 e na vT10, $d = 0,31$ (IC 95%: -0,19, 0,81). O $\dot{V}O_2$ aumentou significativamente até a primeira metade dos 20 minutos de exercício durante as condições 5% abaixo da vT10 e na vT10 e, em seguida, atingiu um estado estável e significativamente abaixo do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos participantes. Por outro lado, o $\dot{V}O_2$ aumentou significativamente ao longo do tempo durante os três primeiros quartos da condição 5% acima da vT10, atingindo um valor, no último quarto, similar ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos participantes ($52,4 \pm 7$ mL/kg/min) (TABELA 2).

TABELA 2 - MÉDIAS ($\pm DP$) PARA AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DOS PARTICIPANTES DURANTE AS TRÊS CONDIÇÕES.

	25%	50%	75%	100%
$\dot{V}O_2$ (mL/kg/min)				
5% abaixo vT10	41,8 \pm 4,7	46,9 \pm 6,5 _a	46,9 \pm 5,7 _a	47,1 \pm 6 _a
vT10	43,8 \pm 5,4	48,7 \pm 6,5 _a	49,1 \pm 6,8 _a	49,3 \pm 6,8 _a
5% acima vT10	45,5 \pm 5,8 _†	51,0 \pm 6,8 _{a†}	51,7 \pm 6,7 _{a†}	52,4 \pm 6,9 _{ab†}
FC (bpm)				
5% abaixo vT10	147,7 \pm 11,4	161,5 \pm 11,6 _a	165,9 \pm 11,9 _a	168,6 \pm 12,3 _{abc}
vT10	149,6 \pm 12,2	166,7 \pm 11,8 _a	171,7 \pm 12,4 _a	174,9 \pm 12,6 _{abc}
5% acima vT10	147,5 \pm 11,8	166,6 \pm 10,6 _a	172,9 \pm 10,5 _{ab}	177,1 \pm 10,8 _{abc}

FONTE: O autor (2020).

NOTA: _aSignificativamente diferente de 25%; _bSignificativamente diferente de 50%; _cSignificativamente diferente de 75%; _†Significativamente diferente de 5% abaixo vT10.

LEGENDA: $\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; vT10 = velocidade associada ao teste T10.

6.3.2 Frequência cardíaca

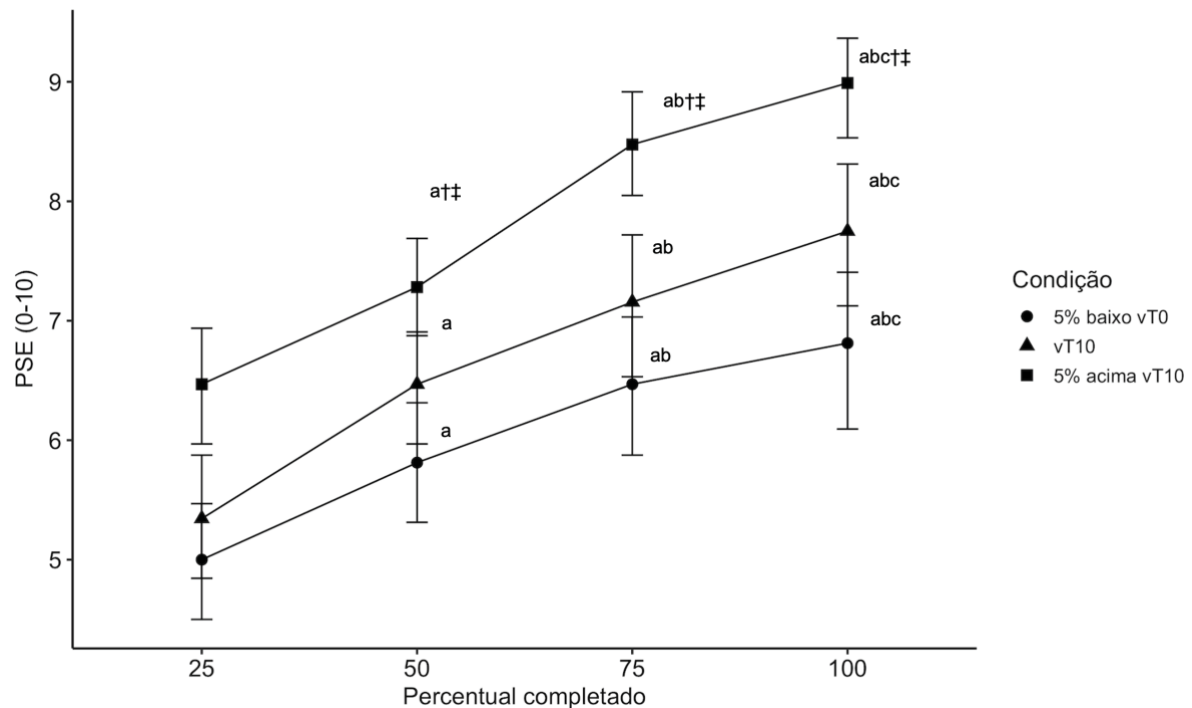
Em relação à FC, houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 16,37$, $p = 0,0003$, do tempo, $\chi^2(3) = 702,66$, $p < 0,001$, e uma interação entre a condição e o tempo, $\chi^2(6) = 61,41$, $p < 0,001$. Apesar da análise MLM apontar um efeito significativo das condições sobre as respostas da FC, a comparação das médias entre as condições 5% abaixo vT10 (160,9 \pm 14,2 bpm; 89% FC_{máx}), na vT10 (165,7 \pm 15,6 bpm; 92% FC_{máx}) e 5% acima vT10 (166 \pm 15,7 bpm; 92% FC_{máx}) apresentou efeitos que variaram entre pequenos a negligenciáveis (d entre 0,33 a 0,02). No entanto, a FC aumentou significativamente da primeira metade do exercício até o seu final durante as três condições: 5% abaixo vT10 (+ 4,2%, $d = 0,58$, 95% IC: 0,49, 0,67); na vT10 (+ 4,7%, $d = 0,65$, 95% IC: 0,55, 0,74) e 5% acima vT10 (+ 5,9%, $d = 0,98$, 95% IC: 0,85, 1,11) (TABELA 2).

6.3.3 Percepção subjetiva do esforço

Para a PSE, houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 73,56$, $p < 0,001$, do tempo, $\chi^2(3) = 307,63$, $p < 0,001$, e uma interação significativa entre a condição e o tempo, $\chi^2(6) = 15,63$, $p = 0,016$. Os valores médios da PSE foram maiores durante a condição 5% acima vT10 ($7,8 \pm 1,6$), em comparação com as condições na vT10 ($6,7 \pm 1,8$), $d = 0,65$ (95% IC: 0,13, 1,16), e 5% abaixo vT10 ($6,0 \pm 1,7$), $d = 1,09$ (95% IC: 0,55, 1,63). Entretanto, a PSE média foi similar entre as condições vT10 e 5% abaixo vT10, $d = 0,4$ (95% IC: -0,1, 0,9). A PSE aumentou significativamente, ao longo do tempo, durante as três condições (FIGURA 1). Quando comparados os valores da PSE ao longo do tempo e entre as condições, o exercício foi mais intenso na condição 5% acima vT10, em relação à condição vT10, nos percentuais 25 ($d = 0,78$), 50 ($d = 0,57$), 75 ($d = 0,85$) e 100 ($d = 0,74$). Ainda, o exercício foi mais intenso, ao longo do tempo, na condição 5% acima vT10, em comparação à condição 5% abaixo vT10, nos percentuais 25 ($d = 1,03$), 50 ($d = 1,01$), 75 ($d = 1,31$) e 100 ($d = 1,36$).

Em relação à inclinação da reta da PSE, houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 28,63$, $p < 0,001$. A condição 5% acima da vT10 apresentou um aumento significativamente mais acentuado na PSE, em comparação com as condições 5% abaixo da vT10, $d = 1,19$ (IC 95%: 0,65, 1,73) e vT10, $d = 0,93$ (IC 95%: 0,41, 1,46). Já, a magnitude da diferença foi pequena, $d = 0,4$ (IC 95%: -0,11, 0,9) na comparação da inclinação da reta da PSE, entre as condições 5% abaixo vT10 e vT10.

FIGURA 1 - VALORES MÉDIOS (\pm DP) DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO (PSE) DURANTE CORRIDAS EM ESTEIRA, ASSOCIADAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10.



FONTE: O autor (2020).

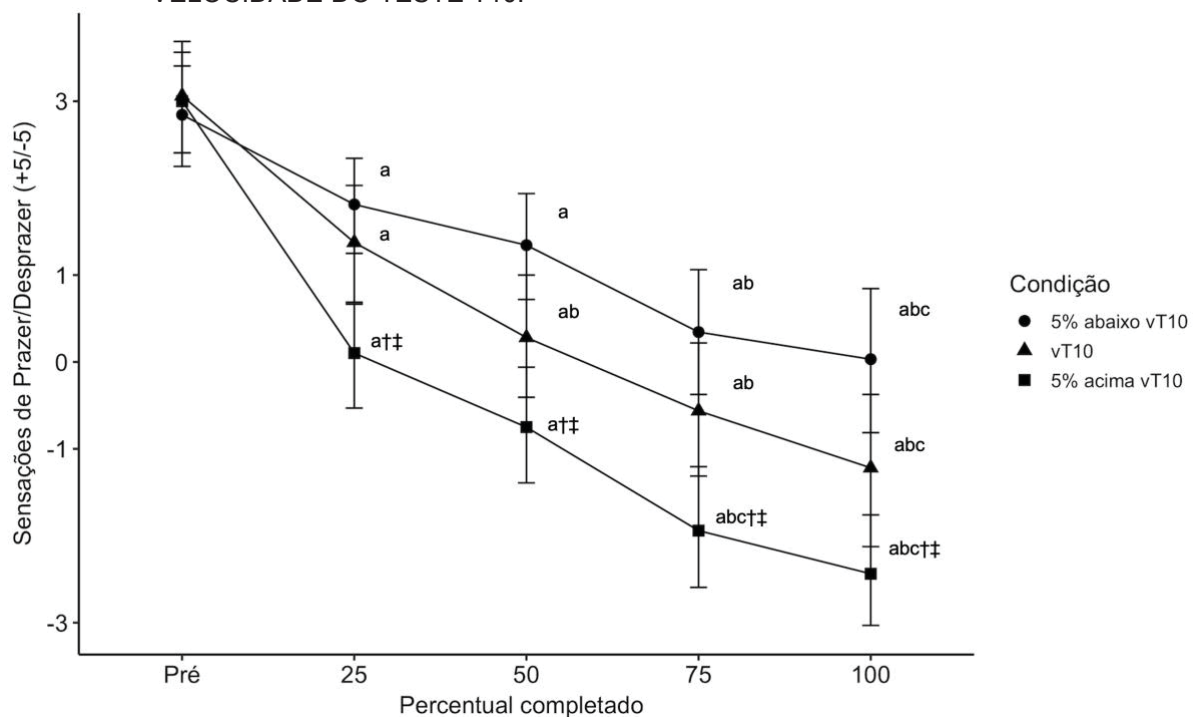
NOTA: aSignificativamente diferente de 25%; bSignificativamente diferente de 50%; cSignificativamente diferente de 75%; †Significativamente diferente de 5% abaixo vT10; ‡Significativamente diferente de vT10.

6.3.4 Valência afetiva

As sensações de P/D foram similares, entre as três condições, no momento pré-exercício, $\chi^2(2) = 0,77$, $p = 0,7$. Entretanto, durante o exercício houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 45,46$, $p < 0,001$, do tempo, $\chi^2(3) = 225,11$, $p < 0,001$, e uma interação entre condição e tempo, $\chi^2(6) = 13,94$, $p = 0,02$, sobre as sensações de P/D. A sensação de prazer diminuiu significativamente, ao longo do tempo, nas três condições (FIGURA 2). A condição 5% acima da vT10 foi a menos prazerosa ($-1,3 \pm 2,1$) em comparação à condição vT10 ($0,0 \pm 2,4$), $d = -0,56$ (IC 95%: $-1,07$, $-0,05$), e à condição 5% abaixo vT10 ($0,9 \pm 2,1$), $d = -1,05$ (IC 95%: $-1,58$, $-0,51$). Por outro lado, a magnitude da diferença nas sensações de P/D, entre as condições 5% abaixo da vT10 e na vT10, foi pequena, $d = -0,41$ (IC 95%: $-0,92$, $0,09$). Houve um declínio significativo nas sensações de prazer, ao longo do tempo, nas três condições de exercício.

Quando comparados os valores da sensação P/D ao longo do tempo e entre as condições, o exercício foi menos prazeroso na condição 5% acima vT10, em relação à condição na vT10, nos percentuais 25 ($d = -0,67$), 50 ($d = -0,50$), 75 ($d = -0,63$) e 100 ($d = -0,51$). Ainda, o exercício foi menos prazeroso, ao longo do tempo, na condição 5% acima vT10, em comparação à condição 5% abaixo vT10, nos percentuais 25 ($d = -1,0$), 50 ($d = -1,1$), 75 ($d = -1,11$) e 100 ($d = -1,07$). A magnitude das diferenças nas sensações de P/D ao longo do tempo, entre as condições vT10 e 5% abaixo vT10, foi pequena.

FIGURA 2 - VALORES MÉDIOS (\pm) DP DE SENSações DE PRAZER/DESPRAZER (D/P) DURANTE CORRIDAS EM ESTEIRA, ASSOCIADAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE DO TESTE T10.



FONTE: O autor (2020).

NOTA: aSignificativamente diferente de Pré; bSignificativamente diferente de 25%; cSignificativamente diferente de 50%; †Significativamente diferente de 5% abaixo vT10; ‡Significativamente diferente de vT10.

Em relação à inclinação da reta de P/D, houve um efeito significativo da condição, $\chi^2(2) = 48,2$, $p < 0,001$. A condição 5% acima da vT10 apresentou um declínio significativamente mais acentuado nas sensações de P/D, em comparação com as condições 5% abaixo da vT10, $d = 1,33$ (IC 95%: 0,78, 1,89) e vT10, $d = 1,02$ (IC 95%: 0,49, 1,55). O declínio nas sensações de P/D também foi mais acentuado na

condição vT10, em comparação com a condição 5% abaixo da vT10, $d = 0,54$ (IC 95%: 0,03; 1,05).

Ao analisar a variabilidade interindividual nas respostas de P/D desde o momento pré-exercício até durante o exercício, as respostas da condição 5% abaixo da vT10 mostraram que 81% dos participantes diminuíram suas sensações de prazer, em uma média de $1,96 \pm 0,12$ unidades, 6% aumentaram em uma média de $0,38 \pm 0,18$ unidades e 13% não tiveram alterações. Na condição vT10, 91% dos participantes diminuíram suas sensações de prazer em uma média de $3,03 \pm 0,23$ unidades, 3% aumentaram as sensações de prazer em uma média de 1 unidade e 6% não tiveram alterações ao longo do tempo. Na condição de velocidade 5% acima da vT10, todos os participantes apresentaram uma diminuição em suas sensações de prazer em uma média de $4,26 \pm 0,05$ unidades.

O tempo até a exaustão durante a condição 5% acima da vT10 apresentou correlações significativas ($p < 0,001$) com as inclinações das retas de $\dot{V}O_2$ ($r = -0,58$), FC ($r = -0,81$), P/D ($r = 0,75$) e PSE ($r = -0,60$).

6.4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar a dinâmica das respostas psicofisiológicas ($\dot{V}O_2$, FC, PSE e P/D) em diferentes domínios de intensidade prescritos por meio da VC determinada a partir de um teste submáximo em esteira (T10). O teste T10 é um teste submáximo confiável e válido para determinar a VC ou o máximo estado estável metabólico (vide estudo 1). Todos os participantes foram capazes de completar os 20 minutos das condições 5% abaixo vT10 e na vT10. Vinte participantes não conseguiram concluir os 20 minutos da condição 5% acima vT10 (o tempo de exaustão variou entre 8 minutos e 18 minutos). Os resultados gerais mostraram que o $\dot{V}O_2$ atingiu um estado estável durante as condições 5% baixo vT10 e na vT10, enquanto continuou a aumentar ao longo do tempo durante a condição 5% acima vT10. As respostas da FC não foram diferentes entre as condições e aumentaram ao longo do tempo. A PSE aumentou ao longo do tempo nas três condições e a taxa de aumento foi mais acentuada durante a condição 5% acima vT10. Por outro lado, as sensações de prazer diminuíram nas três condições, com uma diminuição mais acentuada durante a condição 5% acima vT10.

A análise do perfil do $\dot{V}O_2$ indicou que houve uma diferença significativa entre as condições 5% abaixo vT_{10} e 5% acima vT_{10} . Na condição 5% abaixo vT_{10} foi possível observar um aumento significativo no $\dot{V}O_2$ até a primeira metade do exercício (10 minutos) para então atingir um estado estável, que perdurou até o final dos 20 minutos. Outro ponto a observar na condição 5% abaixo vT_{10} é que o $\dot{V}O_2$ dos participantes, ao final do exercício, foi significativamente menor em relação ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Este perfil de $\dot{V}O_2$, é característico do domínio pesado de intensidade. Dos quarenta participantes que realizaram a condição 5% acima vT_{10} , 28 foram capazes de completa-la. Estes participantes apresentaram um aumento contínuo do $\dot{V}O_2$ até o final do exercício ou até o momento em que atingiram a exaustão. Além disso, o $\dot{V}O_2$ dos participantes, ao final do exercício, foi similar ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Tanto a não estabilização do $\dot{V}O_2$ ao longo do exercício, como a sua proximidade com o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, situam esta condição de exercício no domínio severo de intensidade. Ambos os resultados estão em conformidade com as pesquisas anteriores que relataram o perfil do $\dot{V}O_2$ durante o exercício prescrito ligeiramente abaixo e acima da VC/PC (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; POOLE et al., 1988). Não obstante, doze participantes concluíram a condição 5% acima vT_{10} . No entanto, a resposta de $\dot{V}O_2$ nesses participantes apresentou um perfil continuamente crescente e foi similar ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no final do teste, o que pode ser indicativo de que esses participantes também estavam se exercitando no domínio severo de intensidade e a fadiga seria iminente caso o exercício se prolongasse por mais alguns minutos.

Na condição vT_{10} , o $\dot{V}O_2$ seguiu o mesmo comportamento da condição 5% abaixo vT_{10} , porém com maiores valores de $\dot{V}O_2$ em cada quarto do exercício, embora a magnitude desta diferença não fosse expressiva (d variando entre 0,3 e 0,44), quando comparada à condição 5% abaixo vT_{10} . Ressalta-se que a diferença entre o $\dot{V}O_2$ ao final do exercício e o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos participantes, nesta condição, foi pequena ($d = 0,47$), sugerindo que alguns dos participantes poderiam estar se exercitando no domínio severo de intensidade. Estes fatos podem ser decorrentes da imprecisão inerente à estimativa da VC, a qual pode variar entre 3-5% (JONES et al., 2019). Por exemplo, a velocidade média do T_{10} foi equivalente a 3,87 m/s, com um erro padrão aproximado de 2%, quando comparada à estimativa da VC por métodos convencionais (teste de campo). Assim, a VC “real” estaria localizada entre 3,79 m/s e 3,95 m/s. Na prática, isto significa que, quando os participantes se exercitaram na condição vT_{10} (3,87 m/s), houve 50% de chance de eles estarem abaixo da VC (no

domínio pesado de intensidade) e 50% de chance de eles estarem acima da VC (no domínio severo de intensidade). Esta imprecisão na estimativa da VC teria implicações para as respostas fisiológicas, como o $\dot{V}O_2$ e o desenvolvimento da fadiga (BLACK et al., 2017; JONES et al., 2019). Além disso, este fato poderia explicar as diferenças reportadas na literatura para a duração do exercício (variando entre 15 a 40 minutos) quando este é realizado em intensidade equivalente à VC/PC (BERGSTROM et al., 2013; BRICKLEY; DOUST; WILLIAMS, 2002; BULL et al., 2000; JONES et al., 2019), com a média das respostas fisiológicas caracterizando o exercício como no domínio pesado (POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990) ou severo de intensidade (BRICKLEY; DOUST; WILLIAMS, 2002; JENKINS; QUIGLEY, 1990; MCLELLAN; CHEUNG, 1992).

A média das respostas da FC foi similar entre as três condições: 89% $FC_{\text{máx}}$ para a condição 5% abaixo vT_{10} e 92% $FC_{\text{máx}}$ para as condições vT_{10} e 5% acima vT_{10} . Se levarmos em consideração apenas o perfil do comportamento da FC durante as três condições de exercício, os participantes estavam se exercitando em intensidades similares. Porém, ao considerarmos o perfil do comportamento do $\dot{V}O_2$, este indica que o exercício na condição 5% abaixo vT_{10} foi realizado no domínio pesado de intensidade, o que indica um estado fisiológico estável. Entretanto, a FC aumentou ao longo do exercício, tanto na condição 5% abaixo vT_{10} (chegando a 93% $FC_{\text{máx}}$ ao final do exercício), como nas demais condições (97% $FC_{\text{máx}}$ e 98% $FC_{\text{máx}}$, para as condições vT_{10} e 5% acima vT_{10} , respectivamente, ao final do exercício), o que não evidencia que os participantes atingiram um estado fisiológico estável, em especial nas condições 5% abaixo vT_{10} e vT_{10} , onde era esperado um comportamento estável da FC ao longo do exercício. De modo geral, estes resultados indicam a ausência de uma relação linear entre o $\dot{V}O_2$ e a FC, no exercício em intensidade constante, em diferentes domínios de intensidade.

Um “componente lento” do aumento da FC, durante o exercício nos domínios pesado e severo de intensidade, foi também constatado em estudos anteriores (IANNETTA et al., 2018, 2020; ZUCCARELLI et al., 2018). Como consequência, é necessário cautela na prescrição de programas de treinamento com base nos valores de FC. Enquanto para o $\dot{V}O_2$, o conceito de um valor correspondente a uma intensidade de exercício específica é válido apenas para o exercício contínuo, no domínio moderado de intensidade (abaixo do GET, onde não há um componente lento do $\dot{V}O_2$), para a FC o conceito pode não ser verdadeiro também para exercícios

contínuos no domínio moderado, no qual a FC pode continuar aumentando em função do tempo (ZUCCARELLI et al., 2018). Estes resultados são importantes, uma vez que “ancorar” a FC a intensidades ou domínios de exercício, como o GET e a VC (devido à facilidade de mensuração) não é tão simples. Por exemplo, em nosso estudo, a velocidade associada ao máximo estado metabólico estável ($vT10/VC$) foi correspondente a 91% da $FC_{máx}$. Porém, ao final dos 20 minutos de exercício, na condição $vT10$, os participantes atingiram 97% $FC_{máx}$.

A grande amplitude de variação entre os valores mínimos e máximos do GET e da velocidade associada ao T10, relativos ao $\dot{V}O_{2máx}$, $FC_{máx}$ e $v\dot{V}O_{2máx}$ registradas no presente estudo, demonstraram que, dada a variabilidade entre os sujeitos nas faixas que definem cada domínio de intensidade de exercício, a abordagem de porcentagem fixa pode não garantir uma prescrição precisa e homogênea para domínios de intensidade de exercícios específicos. Recentemente foi demonstrado que, independentemente da variável escolhida, nenhuma porcentagem fixa isolada ($\% \dot{V}O_{2máx}$, $\%WR_{pico}$ e $\%FC_{máx}$, dentro da faixa de intensidades normalmente usada para prescrição de exercícios) foi capaz de garantir uma distribuição uniforme, específica do domínio de intensidade durante o exercício com carga de trabalho constante (IANNETTA et al., 2020). Foi observado que, para uma determinada porcentagem fixa de trabalho, seja associada ao $\dot{V}O_{2máx}$, à $FC_{máx}$, ou à carga de trabalho (potência ou velocidade máximas), os indivíduos poderiam estar distribuídos entre os diferentes domínios de intensidade do exercício. Essa variabilidade ocorreu devido às grandes amplitudes nas posições relativas ao LT/GET e MLSS/PC entre os indivíduos (IANNETTA et al., 2020). Em consequência destas características, tanto do $\dot{V}O_2$, quanto da FC, é recomendável que a prescrição da intensidade do exercício seja realizada de acordo com os três domínios de intensidade (POOLE; JONES, 2012; ROSSITER, 2011; ZUCCARELLI et al., 2018).

Os dados médios da PSE mostraram que o exercício foi mais extenuante durante a condição 5% acima $vT10$ ($7,8 \pm 1,6$), em comparação às condições $vT10$ ($6,7 \pm 1,8$) e 5% abaixo $vT10$ ($6,0 \pm 1,7$). É bem provável que o aumento constante no $\dot{V}O_2$ e o consequente aumento na ventilação, além da elevação na FC, tenham influenciado na maior percepção do esforço durante a condição 5% acima $vT10$. Além disso, 28 participantes terminaram prematuramente o exercício proposto nesta condição. Possivelmente, isto ocorreu devido ao elevado grau de perturbação homeostática causado neste domínio de intensidade. Estes fatos também foram

comprovados quando analisamos o grau de inclinação da reta da PSE, nas três condições. A inclinação da reta da PSE, durante a condição 5% acima vT_{10} foi bem mais acentuada, em comparação às demais condições, o que demonstra um esforço mais elevado durante o exercício no domínio severo de intensidade. Já, quando analisamos o comportamento da inclinação da reta da PSE entre as condições 5% abaixo vT_{10} e vT_{10} , a diferença foi pequena.

O exercício no domínio severo está associado a distúrbios progressivos da homeostase metabólica muscular e a consequente fadiga periférica. Para combater esses efeitos, a atividade muscular aumenta progressivamente, assim como o $\dot{V}O_2$, com a fadiga estando associada à obtenção do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Embora a perda de homeostase e, portanto, a fadiga se desenvolvam mais rapidamente, quanto maior a velocidade estiver acima da VC, o distúrbio metabólico e o grau de fadiga periférica atingem valores similares na exaustão (BURNLEY; JONES, 2018). O exercício no domínio severo de intensidade causa um aumento progressivo no acúmulo de lactato sanguíneo, uma acidose metabólica devido à diminuição do pH, além da depleção do glicogênio muscular (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; IANNETTA et al., 2018; POOLE et al., 1988). Estes fatores, em conjunto, podem aumentar o estresse percebido durante o exercício, contribuindo para uma maior percepção do esforço. Além disso, a inclinação da reta da PSE durante a condição 5% acima vT_{10} foi fortemente correlacionada com o tempo de exaustão nessa condição. Assim, a PSE pode ser utilizada como indicativo do tempo de exercício até a exaustão, como já demonstrado por outros autores (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008; PIRES et al., 2011).

Além da perturbação na homeostase fisiológica, o exercício praticado em diferentes domínios de intensidade pode causar sensações de prazer ou desprazer distintas. O modelo do modo dual expressa que o exercício no domínio severo de intensidade é caracterizado por um declínio nas sensações de prazer, com pouca variabilidade entre os sujeitos (EKKEKAKIS; PARFITT; PETRUZZELLO, 2011). As sensações de P/D durante a condição 5% acima vT_{10} (domínio severo) mostraram pouca variabilidade interindividual e foram caracterizadas por uma grande diminuição nas sensações de prazer (diminuição média: $4,26 \pm 0,05$ unidades). De fato, 100% dos participantes apresentaram uma diminuição no estado afetivo e se sentiram, em média “razoavelmente ruim” ($-1,3 \pm 2,1$ na escala de sensação) nesta condição de exercício. Além disso, a taxa de declínio nas sensações de prazer, representada pela

inclinação da reta, esteve fortemente correlacionada com o tempo até a exaustão durante a condição 5% acima vT_{10} . Neste domínio de intensidade, 28 participantes não foram capazes de completar os 20 minutos propostos de exercício. Especula-se que o declínio no prazer poderia atuar como uma “chave de comando” para forçar o término do exercício, quando a perturbação homeostática é grave (alta acidose muscular, depleção de glicogênio, acúmulo de lactato) e está ameaçando a integridade do corpo. Pesquisas que investigaram os fatores que regulam e limitam o desempenho no exercício associado à teoria de que as perturbações homeostáticas entram na consciência principalmente por meio de declínios no prazer mostraram que as sensações de P/D são indicadoras da gravidade da perturbação homeostática durante o exercício exaustivo (HARTMAN et al., 2019). Neste contexto, quanto maior a taxa de declínio do prazer, menor a quantidade de tempo que o indivíduo perseveraria durante o exercício no domínio severo de intensidade.

Ainda segundo a teoria do modo dual, as sensações de P/D durante o exercício situado entre o GET e o segundo limiar ventilatório (VT_2 , do inglês *second ventilatory threshold*), no domínio pesado de intensidade, são caracterizadas por uma acentuada variabilidade interindividual, com alguns indivíduos relatando alterações positivas e outros relatando alterações negativas. Nesse domínio de intensidade, a manutenção de um estado estável é ameaçada e os sinais interoceptivos (fadiga muscular, ventilação, lactato sanguíneo, pH) começam a prevalecer sobre os processos cognitivos (EKKEKAKIS; PARFITT; PETRUZZELLO, 2011). Apesar da condição vT_{10} estar situada mais próxima do limite entre os domínios pesado e severo de intensidade, em relação à condição 5% abaixo vT_{10} , os dados do exercício (em nível de condição) mostraram que não houve uma diferença significativa nas respostas afetivas durante o exercício, entre estas condições. Os participantes se sentiram “razoavelmente bons” e “neutros” durante as condições 5% abaixo vT_{10} e vT_{10} , respectivamente. Os resultados interindividuais demonstraram que, na condição 5% abaixo vT_{10} , 81% dos participantes diminuíram seu estado afetivo, apenas 6% melhoraram e 13% flutuaram ao longo do tempo. Na condição vT_{10} , 91% dos participantes diminuíram seu estado afetivo, apenas 3% melhoraram e 6% flutuaram ao longo do tempo. O domínio pesado é uma intensidade consideravelmente maior que o GET/LT e é caracterizado por um estado estável de $\dot{V}O_2$ e lactato, e o exercício pode ser continuado por um período relativamente longo. O perfil do $\dot{V}O_2$ da condição vT_{10} foi caracterizado por um estado estável ao longo do tempo e parece que a

velocidade associada ao T10 está localizada próxima ao limite entre os domínios pesado e severo de intensidade e, portanto, é considerado o máximo estado fisiológico estável. De acordo com as respostas de P/D durante as três condições, parece que a condição vT10 também demarca o limite a partir do qual o exercício acima desta resultará em uma experiência afetiva predominantemente negativa, uma vez que 100% dos participantes apresentaram um declínio na sensação de prazer, como comentado anteriormente.

A novidade do presente estudo é que pequenas variações na velocidade associada ao máximo estado estável metabólico (vT10/VC) foram usadas para prescrever três condições de 20 minutos de corrida em esteira. Ou seja, os participantes se exercitaram a 5% abaixo da vT10, na vT10 e 5% acima da vT10. De um modo geral, os dados mostraram que a velocidade do T10 (VC) parece ser um ponto de transição, onde o exercício acima desta é caracterizado pelas alterações mais acentuadas no $\dot{V}O_2$, na percepção do esforço e nas sensações de prazer ou desprazer. De fato, o exercício na condição acima do T10, situado no domínio severo de intensidade, foi caracterizado por um aumento contínuo do $\dot{V}O_2$, um aumento acentuado da PSE e um declínio geral na sensação de prazer. Em conjunto, esses fatores têm implicações importantes para a prescrição do exercício, pois podem influenciar a tolerância e a aderência ao exercício.

Dentro das limitações deste estudo, deve-se considerar que, embora o teste T10 tenha apresentado uma boa reprodutibilidade e validade para a estimativa da VC, este método também apresenta um erro de medida. O erro padrão na validade do T10 contra um método convencional de determinação da VC foi de aproximadamente 2%, o que pode ter representado um erro, no presente estudo, correspondente a uma velocidade $\pm 0,08$ m/s da VC “real”. Ainda, deve ser levado em consideração a pequena variação diária na VC, inerente à variabilidade biológica do indivíduo. É importante também ressaltar que o presente estudo contou com um pequeno número de participantes do sexo feminino, o que pode dificultar a generalização dos resultados.

Atualmente, a prescrição do exercício é feita de acordo com porcentagens fixas da capacidade máxima de trabalho (GARBER et al., 2011). No entanto, essa abordagem não leva em consideração a variabilidade individual nos limiares fisiológicos. Uma alternativa seria demarcar a intensidade do exercício de acordo com domínios metabólicos, como o perfil de $\dot{V}O_2$ ou lactato, durante um teste incremental.

Embora o limite do domínio de intensidade moderada (GET/LT) possa ser estabelecido a partir de um único teste incremental, a determinação do limite entre os domínios pesado e severo de intensidade exige visitas extras ao laboratório (geralmente de três a cinco). No entanto, o acesso a esses métodos é muito limitado e depende muito da disponibilidade de tempo, equipamento e pessoal especializado. O T10 é um teste submáximo em esteira e provou ser uma ferramenta confiável e válida para determinar a VC e, portanto, o máximo estado estável metabólico, ou o limite entre os domínios pesado e severo de intensidade. As diferentes respostas fisiológicas, de esforço e afetivas suscitadas nas condições de exercício levemente abaixo e acima da vT10 mostraram que o T10 pode ser uma alternativa viável para prescrição de exercícios, respeitando os domínios de intensidade. Além disso, estudos futuros podem explorar a capacidade do T10 como ferramenta para auxiliar na prescrição do exercício físico, em diferentes populações.

7 DISCUSSÃO GERAL

O objetivo geral desta tese foi desenvolver um teste submáximo, em esteira, para a determinação da velocidade crítica (VC). A VC pode ser determinada a partir de vários testes exaustivos, de campo ou laboratoriais (GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017b), ou a partir de um teste único de 3 minutos, em velocidade máxima (BROXTERMAN et al., 2013; PETTITT; JAMNICK; CLARK, 2012). De modo geral, estes métodos necessitam de tempo e disposição do participante para realizar esforços extenuantes. Estes fatores podem ser um dos motivos pelos quais a aplicação da VC, no âmbito do treinamento esportivo, ou da prescrição do exercício, seja pouco difundida. Um teste submáximo, em esteira, de 10 minutos de duração, para a determinação da VC e que pode ser realizado em uma única visita, tem um potencial de ampliar o uso do parâmetro VC, tanto no meio esportivo, quanto para o exercício físico em geral. O primeiro estudo verificou a confiabilidade e a validade do teste submáximo em esteira, de 10 minutos de duração (T10). O segundo estudo verificou a capacidade do T10 para prever o desempenho de corredores em corridas de rua de 5 km e 10 km. Por último, no terceiro estudo, o T10 foi aplicado em condições de corrida em esteira, prescritas ligeiramente abaixo e acima da velocidade do T10, com o propósito da comparação das respostas fisiológicas ($\dot{V}O_2$ e FC), de esforço (PSE) e afetivas (sensações de prazer e desprazer; P/D) nas diversas condições.

O primeiro estudo apresentou o teste T10, composto de uma corrida submáxima em esteira, com 10 minutos de duração. Os resultados demonstraram que o T10 tem elevada reprodutibilidade. O coeficiente de variação médio entre o teste e reteste foi de 3,4%, sendo comparável aos valores encontrados para outros métodos de determinação da VC ou da potência crítica (PC) (GALBRAITH et al., 2014; HINCKSON; HOPKINS, 2005; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; TRISKA et al., 2017a, 2017b). Além disso, o coeficiente de correlação intraclasse foi de 0,93, também comparável com os valores obtidos por outros métodos para a determinação da VC ou PC (GALBRAITH et al., 2014; KARSTEN et al., 2017; TRISKA et al., 2017b; WRIGHT; BRUCE-LOW; JOBSON, 2017).

O primeiro estudo ainda determinou a validade do T10 contra um método convencional de determinação da VC, isto é, três corridas máximas em pista de atletismo, em diferentes distâncias e dias distintos (teste de campo). Os resultados demonstraram que a velocidade do T10 ($3,86 \pm 0,51$ m/s) foi similar à VC determinada

pelo método convencional ($3,88 \pm 0,55$ m/s). O erro típico da estimativa para a VC foi de 0,14 m/s, que pode ser interpretado como pequeno (HOPKINS, 2006), e é similar ao já relatado por outros estudos (GALBRAITH et al., 2014; TRISKA et al., 2017a). Além disso, a correlação entre a VC do teste de campo e a velocidade do teste T10 ($r = 0,93$; IC 90%: 0,88 - 0,96; $p < 0,001$) é similar à encontrada em estudos anteriores (GALBRAITH et al., 2014; KRANENBURG; SMITH, 1996; TRISKA et al., 2017a). O erro padrão da estimativa derivada da regressão linear foi de 0,06 m/s, o que representa aproximadamente 1,5% da média para a VC, e está dentro da faixa (menos de 5% da média) considerada como boa precisão (JONES et al., 2019). Estes resultados demonstram que o T10 pode ser aceito como um teste confiável e válido para a determinação da VC.

O segundo estudo foi realizado para verificar a capacidade do T10 para prever o desempenho de corredores de rua recreacionais nas corridas de rua de 5 km e 10 km. Os resultados do estudo demonstraram uma elevada relação entre a velocidade do T10 e o desempenho nas corridas de 5 km e 10 km. Esta relação foi mais forte do que as relações apresentadas entre o GET, VT_2 , $\dot{V}O_{2máx}$ e $v\dot{V}O_{2máx}$ e o desempenho nestas corridas. O T10 foi capaz de explicar 81% da variação no desempenho, tanto na corrida de 5 km, quanto na corrida de 10 km. Esse resultado mostra que a velocidade derivada do teste T10 está relacionada ao desempenho de endurance e, portanto, dá suporte à validade e à utilidade prática do teste.

Ao classificar as sessões de treinamento de corrida dos participantes a partir da velocidade do T10, foi demonstrado que estes corredores realizaram suas corridas fáceis a 84% da velocidade do T10, sendo esta velocidade também similar à velocidade do GET. As corridas difíceis foram realizadas a uma velocidade similar à velocidade do T10 e as corridas intervaladas a 116% da velocidade do T10. A literatura aponta que o GET demarca o limite entre os domínios moderado e pesado de intensidade, enquanto a VC/PC demarca o limite entre os domínios pesado e severo (GAESSER; POOLE, 1996; HILL; FERGUSON, 1999). Com base nestes achados, abre-se a possibilidade de utilização da velocidade do T10 para a prescrição do treinamento de corredores de rua. Por exemplo, as corridas fáceis podem ser realizadas a uma velocidade que corresponde a até 80% da velocidade do T10 (domínio moderado de intensidade), enquanto as sessões de corridas difíceis podem ser conduzidas na velocidade do T10 (domínio pesado de intensidade). Já, as corridas intervaladas, onde há uma maior contribuição do metabolismo anaeróbico, podem ser

realizadas em percentuais acima da velocidade do T10 (domínio severo de intensidade).

O terceiro estudo foi concebido para determinar a dinâmica das respostas do $\dot{V}O_2$, da FC, da PSE e das sensações de prazer e desprazer (P/D) durante corridas de 20 minutos, em esteira, prescritas um pouco abaixo e um pouco acima da velocidade do T10. Os resultados demonstraram que pequenas variações na velocidade do T10 ($\pm 5\%$) causam alterações no perfil do $\dot{V}O_2$ que são características do exercício realizado em diferentes domínios de intensidade. A condição 5% abaixo da velocidade do T10 causou uma elevação do $\dot{V}O_2$ até a primeira metade do exercício, para então atingir um estado estável, caracterizando o domínio pesado de intensidade. Em contrapartida, a corrida realizada a 5% acima da velocidade do T10 causou uma elevação contínua do $\dot{V}O_2$, que ao final se aproximou do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ dos corredores. Este perfil do $\dot{V}O_2$ é característico do domínio severo de intensidade.

As diferentes velocidades também causaram percepções de esforço e sensações de P/D distintas. A corrida realizada acima da velocidade do T10 resultou em um aumento mais acentuado na PSE, em comparação à corrida abaixo da velocidade do T10. Este fato pode ser um reflexo da maior perturbação na homeostase do organismo (aumentos na ventilação, na acidose e na concentração de lactato) que ocorre durante o exercício no domínio severo de intensidade. As sensações de P/D apresentaram um comportamento oposto ao do esforço percebido. Houve uma queda significativa da sensação de prazer, tanto na corrida abaixo, quanto na corrida acima da velocidade do T10. Porém, o declínio do prazer foi muito mais acentuado na corrida acima da velocidade do T10. De fato, todos os corredores relataram uma diminuição do prazer ao correr na velocidade acima do T10. Tanto o comportamento da PSE, quanto das sensações de P/D suscitados durante as corridas abaixo e acima da velocidade do T10, podem ter implicações para a prescrição do exercício, em especial em pessoas sedentárias, obesas ou com complicações médicas, uma vez que o comportamento humano é voltado para evitar as ações que trazem desconforto físico e desprazer.

8 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A principal aplicação prática do T10 é o de ser um teste submáximo, rápido e eficiente para a determinação da VC. Estas características do T10 o fazem mais prático e acessível para a população de corredores de rua e treinadores. A velocidade do T10 também demonstrou estar próxima do limite entre os domínios pesado e severo de intensidade do exercício, o que faz desta velocidade uma referência do mais alto ponto onde é possível manter um metabolismo oxidativo estável durante a corrida.

Ainda, pela sua alta relação com o desempenho nas corridas de rua de 5 km e 10 km, abre-se a possibilidade para investigar o uso do T10 para a prescrição e controle do treinamento da corrida de rua. O esforço percebido e as sensações de P/D decorrentes do exercício realizado abaixo e acima da velocidade do T10 também geram a possibilidade de novos estudos empregando o T10 na área da prescrição do exercício para diferentes populações.

9 CONCLUSÃO

A principal conclusão da presente tese foi que um teste submáximo, em esteira, de 10 minutos de duração (T10), é uma ferramenta confiável e válida para a determinação da velocidade crítica. O T10, portanto, é uma alternativa viável aos múltiplos testes realizados em pista ou esteira, ou testes de esforço máximo para determinação da velocidade crítica.

REFERÊNCIAS

ABBISS, Chris R.; LAURSEN, Paul B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 239–252, 2008.

ALVAREZ-ALVARADO, Stacey *et al.* Interplay between workload and functional perceptual–cognitive–affective responses: an inclusive model. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 107–118, 2019.

ATKINSON, Greg; NEVILL, Alan M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 217–238, 1998.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **J Appl Physiol**, [S. l.], v. 60, n. 6, p. 2020–2027, 1986.

BERGSTROM, Haley C. *et al.* The relationships among critical power determined from a 3-min all-out test, respiratory compensation point, gas exchange threshold, and ventilatory threshold. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [S. l.], v. 84, p. 232–238, 2013.

BERGSTROM, Haley C. *et al.* A Model for identifying intensity zones above critical velocity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 31, n. 12, p. 3260–3265, 2017.

BILLAT, Veronique *et al.* Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 297–304, 2003.

BILLAT, Veronique L. *et al.* Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 156–163, 1999.

BLACK, Matthew I. *et al.* Critical power derived from a 3-min all-out test predicts 16.1-km road time-trial performance. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 217–223, 2014.

BLACK, Matthew I. *et al.* Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 122, n. 3, p. 446–459, 2017.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, [S. l.], v. 1, n. fig 1, p. 307–310, 1986.

BRANDON, L. Jerome. Physiological factors associated with middle distance running performance. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 268–277, 1995.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Econometrica**, [S. l.], v. 47, n. 5, p. 1287, 1979.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C. A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 88, n. 1–2, p. 146–151, 2002.

BROXTERMAN, R. M. *et al.* A single test for the determination of parameters of the speed–time relationship for running. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, [S. l.], v. 185, n. 2, p. 380–385, 2013.

BROXTERMAN, R. M. *et al.* The relationship between critical speed and the respiratory compensation point: Coincidence or equivalence. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], v. 15, n. 7, p. 631–639, 2015.

BULL, ANTHONY J. *et al.* Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 526, 2000.

BURNLEY, Mark; DOUST, Jonathan H.; VANHATALO, Anni. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 38, n. 11, p. 1995–2003, 2006.

BURNLEY, Mark; JONES, Andrew M. Power–duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 1–12, 2018.

CARDINAL, B. J.; CARDINAL, M. K. Preparticipation physical activity screening within a racially diverse, older adult sample: comparison of the original and Revised Physical Activity Readiness Questionnaires. **Research quarterly for exercise and sport**, [S. l.], v. 71, n. 3, p. 302–307, 2000.

CLARK, Ida E. *et al.* Applying the critical velocity model for an off-season interval

training program. **J Strength Cond Res**, [S. l.], v. 27, n. 12, p. 3335–3341, 2013.

COOK, R. Dennis. Detection of influential observation in linear regression. **Technometrics**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 15, 1977.

CRAIG, Jesse C. *et al.* Critical Power. *In*: ZOLADZ, Jerzy A. (org.). **Muscle and Exercise Physiology**. 1. ed. London: Elsevier, 2019. p. 159–181. *E-book*.

CREWE, Helen; TUCKER, Ross; NOAKES, Timothy D. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. **European journal of applied physiology**, [S. l.], v. 103, n. 5, p. 569–577, 2008.

CUMMING, G. The new statistics: Why and how. **Psychological Science**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 7–29, 2014.

DASILVA, Sergio Gregorio *et al.* Age and physiological, perceptual, and affective responses during walking at a self-selected pace. **Perceptual and Motor Skills**, [S. l.], v. 111, n. 3, p. 963–978, 2010.

DAY, J. R. *et al.* The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 95, n. 5, p. 1901–1907, 2003.

DEKERLE, J. *et al.* Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 89, n. 3–4, p. 281–288, 2003.

EKKEKAKIS, P. *et al.* The mysterious case of the public health guideline that is (almost) entirely ignored: Call for a research agenda on the causes of the extreme avoidance of physical activity in obesity. **Obesity Reviews**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 313–329, 2016.

EKKEKAKIS, Panteleimon. Redrawing the model of the exercising human in exercise prescriptions. *In*: RIPPE, James M. (org.). **Lifestyle Medicine**. Second ed. [S. l.]: Taylor & Francis, 2013. p. 1421–1433. *E-book*.

EKKEKAKIS, Panteleimon; HALL, Eric E.; PETRUZZELLO, Steven J. Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities: an alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations.

Journal of sports sciences, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 477–500, 2005. D

EKKEKAKIS, Panteleimon; PARFITT, Gaynor; PETRUZZELLO, Steven J. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 41, n. 8, p. 641–671, 2011.

ENOKSEN, Eystein; TJELTA, Asle Rønning; TJELTA, Leif Inge. Distribution of training volume and intensity of elite male and female track and marathon runners. **International Journal of Sports Science and Coaching**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 273–293, 2011.

ESTEVE-LANAO, Jonathan *et al.* How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 496–504, 2005.

FAUDE, Oliver *et al.* Reliability of time-to-exhaustion and selected psychophysiological variables during constant-load cycling at the maximal lactate steady-state. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 142–147, 2017.

FAUDE, Oliver; KINDERMANN, Wilfried; MEYER, Tim. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Medicine**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 469–490, 2009.

FLORENCE, Shelly-lynn; WEIR, Joseph P. Relationship of critical velocity to marathon running performance. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 75, n. 3, p. 274–278, 1997.

FOLLADOR, Lucio *et al.* Physiological, perceptual, and affective responses to six high-intensity interval training protocols. **Perceptual and Motor Skills**, [S. l.], v. 125, n. 2, p. 329–350, 2018.

FRANÇOIS, Romain; HENRY, Lionel; MULLER, Kiril. **A grammar of data manipulation**. [s. l.], 2020.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise & Sport Sciences Review**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 35–70, 1996.

GALBRAITH, Andy *et al.* A novel field test to determine critical speed. **Journal of Sports Medicine & Doping Studies**, [S. l.], v. 01, n. 01, p. 1–4, 2011.

GALBRAITH, Andy *et al.* A single-visit field test of critical speed. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 931–935, 2014.

GAMELIN, François Xavier *et al.* Prediction of one-hour running performance using constant duration tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 735–739, 2006.

GARBER, Carol Ewing *et al.* Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.

GIOVANELLI, Nicola *et al.* A new field test to estimate the aerobic and anaerobic thresholds and maximum parameters. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], v. 0, n. 0, p. 1–7, 2019.

GÓMEZ-MOLINA, Josué *et al.* Predictive variables of half-marathon performance for male runners. **Journal of Sports Science and Medicine**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 187–194, 2017.

GROSJEAN, Philippe; IBANEZ FREDERIC; ETIENNE, Michele. **Package for analysis of space-time ecological series**. [s. l.], 2018.

HARDY, Charles J.; REJESKI, W. Jack. Not what , but how one feels: the measurement of affect during exercise. **Journal of sport & exercise psychology**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 304–317, 1989.

HARTMAN, Mark E. *et al.* Dynamics of pleasure–displeasure at the limit of exercise tolerance: conceptualizing the sense of exertional physical fatigue as an affective response. **The Journal of Experimental Biology**, [S. l.], v. 222, n. 3, p. jeb186585, 2019.

HILL, D. W.; FERGUSON, C. S. A physiological description of critical velocity. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, [S. l.], v. 79, n. 3, p. 290–293, 1999.

HILL, David W. The critical power concept. A review. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 237–254, 1993.

HILL, David W.; POOLE, David C.; SMITH, Jimmy C. The relationship between power

and the time to achieve VO₂max. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 709–714, 2002.

HILL, A. V. The physiological basis of athletic records. **Nature**, [S. l.], v. 116, n. 2919, p. 544–548, 1925.

HINCKSON, Erica A.; HOPKINS, Will G. Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and log-log modeling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 696–701, 2005.

HOPKINS, Will G. A new view of statistics: a scale of magnitudes for effect statistics. **Sportscience**, [S. l.], 2006.

HOPKINS, Will G.; SCHABORT, Elske J.; HAWLEY, John A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 211–234, 2001.

HOTHORN, Torsten *et al.* **Testing linear regression models**. [s. l.], 2019.

HUGHSON, R.; OROK, C.; STAUDT, L. A high velocity running test to assess endurance running potencial. **Int.J.Sports Med.**, [S. l.], v. 5, p. 23–25, 1984.

IANNETTA, Danilo *et al.* Metabolic and performance-related consequences of exercising at and slightly above MLSS. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [S. l.], v. 28, n. 12, p. 2481–2493, 2018.

IANNETTA, DANILO *et al.* A critical evaluation of current methods for exercise prescription in women and men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 52, n. 2, p. 466–473, 2020.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, [S. l.], v. 61, n. 3–4, p. 278–283, 1990.

JONES, Andrew M. The physiology of the world record holder for the women's marathon. **International Journal of Sports Science & Coaching**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 101–116, 2006.

JONES, Andrew M. *et al.* Muscle metabolic responses to exercise above and below the “critical power” assessed using 31 P-MRS. **American Journal of Physiology-**

Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, [S. l.], v. 294, n. 2, p. R585–R593, 2008.

JONES, Andrew M. *et al.* The maximal metabolic steady state: redefining the ‘gold standard’. **Physiological Reports**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 1–16, 2019.

JONES, ANDREW M. *et al.* Critical power: implications for determination of vo2max and exercise tolerance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 42, n. 10, p. 1876–1890, 2010.

JONES, Andrew M.; DOUST, Jonathan H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 321–327, 1996.

JONES, Andrew M.; VANHATALO, Anni. The ‘critical power’ concept: applications to sports performance with a focus on intermittent high-intensity exercise. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 47, n. S1, p. 65–78, 2017.

JOYNER, Michael J.; COYLE, Edward F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **The Journal of Physiology**, [S. l.], v. 586, n. 1, p. 35–44, 2008.

KARSTEN, Bettina *et al.* Comparison of inter-trial recovery times for the determination of critical power and W' in cycling. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 35, n. 14, p. 1420–1425, 2017.

KELLEY, Ken. **The MBESS R package**. [s. l.], 2019.

KELLEY, Ken. Sample size planning for the coefficient of variation from the accuracy in parameter estimation approach. **Behavior Research Methods**, [S. l.], v. 39, n. 4, p. 755–766, 2007.

KENNEALLY, Mark; CASADO, Arturo; SANTOS-CONCEJERO, Jordan. The effect of periodisation and training intensity distribution on middle- and long-distance running performance: a systematic review. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], n. December, p. 1–26, 2017.

KINDERMANN, W; SIMON, G; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 42, p. 25–34, 1979.

KOLBE, Tracy *et al.* The relationship between critical power and running performance. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 265–269, 1995.

KRANENBURG, K. J.; SMITH, D. J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 614–618, 1996.

KRINSKI, Kleverton *et al.* Let's walk outdoors! self-paced walking outdoors improves future intention to exercise in women with obesity. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 145–157, 2017.

LANAO-ESTEVE, J. *et al.* Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 943–949, 2007.

LEHNERT, Bernhard. **BlandAltmanLeh**. [s. l.], 2015.

LEO, Jeffrey A. *et al.* The respiratory compensation point is not a valid surrogate for critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 49, n. 7, p. 1452–1460, 2017.

LONDEREE, Ben R. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 29, n. 6, p. 837–843, 1997.

MARFELL-JONES, M.; STEWART, A. D.; DE RIDDER, J. H. **International Standards for Anthropometric Assessment**. Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012. *E-book*.

MATURANA, Felipe Mattioni *et al.* Critical power testing or self-selected cycling: Which one is the best predictor of maximal metabolic steady-state? **Journal of Science and Medicine in Sport**, [S. l.], v. 20, n. 8, p. 795–799, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.023>

MCLELLAN, Tom M.; CHEUNG, Kenneth S. Y. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 24, n. 5, p. 543–550, 1992.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 329–338, 1965.

MORITANI, T. *et al.* Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, [S. l.], v. 24, n. 5, p. 339–350, 1981.

MUÑOZ, Iker *et al.* Does polarized training improve performance in recreational runners? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 265–272, 2014.

NAKAMURA, Fábio Y. *et al.* Critical power can be estimated from nonexhaustive tests based on rating of perceived exertion responses. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 937–943, 2008.

NEDER, J. Alberto; STEIN, Ricardo. A simplified strategy for the estimation of the exercise ventilatory thresholds. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 38, n. 5, p. 1007–1013, 2006.

NIMMERICHTER, Alfred *et al.* Validity of treadmill-derived critical speed on predicting 5000-meter track-running performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 706–714, 2017.

PESCATELLO, L. S. *et al.* **ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 9th. ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2014. *E-book*.

PETTITT, R.; JAMNICK, N.; CLARK, I. 3-min all-out exercise test for running. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 33, n. 06, p. 426–431, 2012.

PETTITT, Robert W. *et al.* Sensitivity of prescribing high-intensity , interval training using the critical power concept. **International Journal of Exercise Science**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 202–212, 2015.

PINHEIRO, José; BATES, Douglas. **Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**. [S. l.: s. n.]

PIRES, Flávio O. *et al.* Cardiopulmonary, blood metabolite and rating of perceived exertion responses to constant exercises performed at different intensities until exhaustion. **British Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 45, n. 14, p. 1119–1125, 2011.

POOLE, D. C. *et al.* Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, [S. l.], v. 31, n. 9, p. 1265–1279, 1988.

POOLE, DAVID C. *et al.* Critical power: an important fatigue threshold in exercise physiology. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 48, n. 11, p. 2320–2334, 2016.

POOLE, David C.; JONES, Andrew M. Oxygen uptake kinetics. **Comprehensive Physiology**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 933–996, 2012.

POOLE, David C.; WARD, Susan A.; WHIPP, Brian J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [S. l.], v. 59, n. 6, p. 421–429, 1990.

PRINGLE, Jamie S. M. *et al.* Oxygen uptake kinetics during horizontal and uphill treadmill running in humans. **European journal of applied physiology**, [S. l.], v. 88, n. 1–2, p. 163–169, 2002.

PRINGLE, Jamie S. M.; JONES, Andrew M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 88, n. 3, p. 214–226, 2002.

QUENÉ, Hugo; VAN DEN BERGH, Huub. On multi-level modeling of data from repeated measures designs: a tutorial. **Speech Communication**, [S. l.], v. 43, n. 1–2, p. 103–121, 2004.

ROBERTSON, R. J.; NOBLE, B. J. Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, [S. l.], n. 25, p. 407–452, 1997.

ROSE, Elaine a; PARFITT, Gaynor. A quantitative analysis and qualitative explanation of the individual differences in affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities. **Journal of sport & exercise psychology**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 281–309, 2007.

ROSSITER, Harry B. Exercise: Kinetic considerations for gas exchange. **Comprehensive Physiology**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 203–244, 2011.

SCHERR, Johannes *et al.* Associations between Borg's rating of perceived exertion

and physiological measures of exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 113, n. 1, p. 147–155, 2013.

SEILER, K. Stephen; KJERLAND, Glenn Øvrevik. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 49–56, 2006.

SEILER, Stephen. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? **International journal of sports physiology and performance**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 276–291, 2010.

SMITH, Clare G. M.; JONES, Andrew M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 85, n. 1–2, p. 19–26, 2001.

ST CLAIR GIBSON, Alan *et al.* The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 36, n. 8, p. 705–722, 2006.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. ed. - Porto Alegre : Artmed, 2012.

TRISKA, Christoph *et al.* Reliability of the parameters of the power-duration relationship using maximal effort time-trials under laboratory conditions. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 12, n. 12, p. 1–12, 2017 a.

TRISKA, Christoph *et al.* Iso-duration Determination of D' and CS under laboratory and field conditions. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 38, n. 07, p. 527–533, 2017 b.

TUCKER, R.; NOAKES, T. D. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 43, p. e1, 2009.

UTTER, Alan C. *et al.* Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for walking/running exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 36, n. 10, p. 1776–1780, 2004.

VANHATALO, Anni; DOUST, Jonathan H.; BURNLEY, Mark. Determination of critical

power using a 3-min all-out cycling test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 39, n. 3, p. 548–555, 2007.

VANHATALO, Anni; JONES, Andrew M.; BURNLEY, Mark. Application of critical power in sport. **International journal of sports physiology and performance**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 128–136, 2011.

VATCHEVA, Kristina P. *et al.* Multicollinearity in regression analyses conducted in epidemiologic studies. **Epidemiology: Open Access**, [S. l.], v. 06, n. 02, p. 1–20, 2016.

VICKERS, Andrew J.; VERTOSICK, Emily A. An empirical study of race times in recreational endurance runners. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 26, 2016.

WHIPP, Brian J. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 26, n. 11, p. 1319–1326, 1994.

WICKHAM, Hadley. **Flexibility Reshape Data: A Reboot of the Reshape Package**. [s. l.], 2017.

WICKHAM, Hadley; WINSTON, Chang. **Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**. [s. l.], 2019.

WILLIAMS, David M. *et al.* Acute affective response to a moderate-intensity exercise stimulus predicts physical activity participation 6 and 12 months later. **Psychology of Sport & Exercise**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 231–245, 2008.

WINTER, Edward M.; ABT, Grant A.; NEVILL, Alan M. Metrics of meaningfulness as opposed to sleights of significance. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 32, n. 10, p. 901–902, 2014.

WOLAK, Matthew. **Facilitating Estimation of the Intraclass Correlation Coefficient**. [s. l.], 2016.

WRIGHT, James; BRUCE-LOW, Stewart; JOBSON, Simon. The reliability and validity of the 3-min all-out cycling critical power test. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 38, n. 06, p. 462–467, 2017.

ZUCCARELLI, LUCREZIA *et al.* Comparison between slow components of HR and VO₂ kinetics. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 50, n. 8, p. 1649–1657, 2018.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, Sergio Gregorio da Silva, pesquisador responsável e Lucio Follador, pesquisador doutorando da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, com idade superior a 18 anos e inferior a 40 anos, praticante habitual de corrida de rua, a participar de um estudo intitulado “UM TESTE SUBMÁXIMO EM ESTEIRA PARA A DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA”, em que você será estimulado a cumprir uma série de testes de corrida, em diferentes velocidades, definidas por sua própria percepção do esforço, em diferentes dias. Esta pesquisa científica faz parte do processo de Doutorado em Educação Física, pela Universidade Federal do Paraná, ao qual o professor Lucio Follador está sendo submetido e servirá para que nós, pesquisadores, possamos desenvolver um teste submáximo em esteira para estimar a velocidade crítica de corrida, além de aferir a sua confiabilidade e validade.

- a) O objetivo principal deste estudo é desenvolver um teste submáximo em esteira para estimar a velocidade crítica, além de aferir a sua confiabilidade e validade. Um outro propósito deste estudo será explorar possíveis associações entre a velocidade crítica estimada a partir do teste submáximo em esteira e a performance de corredores de rua recreacionais e as variáveis de treinamento destes corredores. Também, serão comparadas as respostas de percepção do esforço e de prazer e desprazer, durante o exercício de corrida em esteira, em diferentes velocidades prescritas a partir da velocidade crítica estimada no teste submáximo em esteira.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário responder, junto com o pesquisador, dois breves questionários, um sobre seu histórico de saúde, informalmente aplicado pelo pesquisador, e outro sobre a sua Prontidão para a Prática de Atividades Físicas (rPARQ), no primeiro encontro. Estes instrumentos servirão para que possamos ter a certeza da segurança de sua participação durante os exercícios, que poderão ser caracterizados por intensidades de moderadas a elevadas.
- c) A pesquisa será realizada num total de 11 encontros, contando com este inicial de hoje. Oito encontros acontecerão no Laboratório de Fisiologia do Exercício e três encontros acontecerão na pista de atletismo do Centro de Educação Física e Desportos, ambos pertencentes à Universidade Federal do Paraná. O Laboratório de Fisiologia do Exercício faz parte do Departamento de Educação Física e fica situado à rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico. O Centro de Educação Física e Desportos está situado no Centro Politécnico, Jardim das Américas. Os 11 encontros consistirão nas seguintes atividades:
 - 1º encontro: teste máximo em esteira ergométrica com o objetivo de determinarmos sua capacidade aeróbia máxima, através da progressão gradual e controlada da velocidade da corrida. Neste encontro também acontecerá a medição de sua estatura e massa corporal, em sala reservada e uma familiarização com as escalas de esforço e de sensações de prazer e desprazer que utilizaremos para coletar dados de como você percebe o exercício que está realizando.
 - 2º ao 4º encontro: no segundo encontro, você passará por uma familiarização com o teste de intensidade submáxima em esteira, onde a velocidade da corrida será autosselecionada, e o teste terá a duração de 10 minutos. Nos dois próximos encontros você realizará novamente o teste de intensidade submáxima em esteira, onde a velocidade da corrida será autosselecionada, e o teste terá a duração de 10 minutos. Isto servirá para que possamos medir a confiabilidade e a validade do teste.
 - 5º ao 7º encontro: estes três encontros acontecerão na pista de atletismo, onde você terá que percorrer uma dentre as seguintes distâncias: 1200 metros, 2400 metros ou 3600 metros, no menor tempo possível. Apenas uma destas distâncias, determinadas por sorteio, será percorrida em cada um destes três encontros.
 - 8º ao 11º encontro: nestes quatro encontros, você terá que correr em esteira durante 10 minutos no oitavo encontro, e durante 20 minutos, em diferentes velocidades, nos três encontros restantes.

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde/UFRP.
Parecer CEP/SD-PB nº 2474/19
na data de 29/07/2019. Qd

Rubricas:

Participante da Pesquisa: _____
Sergio Gregorio da Silva (Pesquisador Responsável) _____
Lucio Follador (Doutorando) _____

- d) Sua frequência cardíaca será sempre monitorada, utilizando um medidor portátil acoplado ao tórax através de cinta elástica. Os encontros terão uma duração aproximada de 45 minutos, incluindo todos os procedimentos: recepção, medição de massa corporal e estatura, familiarização com as escalas, explicação dos procedimentos de teste, aquecimento, preparação do equipamento, testagem e “volta à calma” (desaquecimento). Em todos os encontros o pesquisador doutorando Lucio Follador estará presente, acompanhando a realização dos exercícios, além de alunos mestrands em Educação Física.
- e) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente durante a realização do teste incremental máximo em esteira ergométrica no primeiro encontro, realizado para determinação de sua capacidade aeróbia e nível de aptidão ao exercício. O questionário de Prontidão para a Prática de Atividades Físicas (rPARQ) é um instrumento utilizado em meios clínicos e/ou laboratoriais como um indicador de indivíduos com possíveis condições médicas que o impeçam de realizar exercício físico de intensidade moderada ou elevada e será respondido por sua pessoa previamente à realização do teste, minimizando o risco de desconforto. Caso qualquer inadaptação absoluta ao teste seja sentida durante a realização do mesmo, deve ser manifestado imediatamente aos pesquisadores presentes, para a suspensão imediata do procedimento. A frequência cardíaca e sua percepção de esforço também estarão sendo monitoradas a cada minuto durante o teste. A medição da massa corporal será realizada com vestimenta característica da prática de exercícios físicos (camiseta e calção). Esta medição será realizada em sala reservada, na presença do pesquisador e de colaborador. A qualquer momento, por ocasião de qualquer desconforto ou constrangimento que seja sentido, a participação na pesquisa poderá ser interrompida, já que esta somente pode ser caracterizada como voluntária.
- f) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser a inadaptação ao teste máximo em esteira ergométrica ou dores musculares e/ou articulares resultantes dos estímulos da corrida. Estes riscos serão minimizados pelo acompanhamento de pesquisadores experientes, pela investigação de Histórico Médico Pessoal e pela avaliação de Prontidão para Atividade Física previamente realizadas (referenciando os critérios de exclusão da pesquisa), pelo monitoramento constante da frequência cardíaca e de sua percepção de esforço em todos os encontros. Contudo, caso algum mal-estar ocorra durante a pesquisa, este deverá ser comunicado aos pesquisadores e, se for necessário, será prestado o atendimento primário, enquanto o serviço de assistência médica de emergência, o qual o Departamento de Educação Física possui convênio, será acionado.
- g) Serão os benefícios experimentados pelos participantes da pesquisa, todos de maneira direta: (1) ter acesso à medida direta de sua capacidade aeróbia máxima; (2) ter acesso a um teste submáximo em esteira para determinar a velocidade crítica de corrida; (3) utilizar a velocidade crítica, determinada pelo teste submáximo em esteira, para a prescrição do treinamento da corrida; (4) contribuir para a compreensão da ciência sobre as respostas de esforço e de prazer e desprazer geradas por diferentes velocidades de corrida.
- h) Os pesquisadores Sergio Gregorio da Silva, pesquisador responsável e Lucio Follador, pesquisador doutorando, poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. No momento de seu ingresso na pesquisa, você receberá um cartão com os contatos (e-mail e telefone) dos pesquisadores, para quaisquer dúvidas ou necessidades percebidas durante o transcorrer da mesma. Os contatos dos pesquisadores são: Prof. Dr. Sergio Gregorio da Silva (telefone: (41) 3360-4331, e-mail: sergiogregorio@ufpr.br) e Prof. Lucio Follador (telefone: (41) 99998- 5728, e-mail: l.follador@uol.com.br).
- i) O professor Lucio Follador poderá ser encontrado de segunda à sexta-feira, no Laboratório de Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, da Universidade Federal do Paraná, rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico, das 08:00 horas às 17:00 horas, para qualquer necessidade de contato pessoal. O professor Sergio Gregorio da Silva poderá ser encontrado durante o período de aulas na Universidade Federal do Paraná, de segunda à sexta-feira, das 08:00 horas às 17:00 horas, no Departamento de Educação Física, da Universidade Federal do Paraná, rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico.

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa
em Seres Humanos do Setor de Ciências da
Saúde/UFPR.
Parecer CEP/SD-PB.nº 3474189
na data de 29/07/2009. *qm*

Rubricas:

Participante da Pesquisa: _____
Sergio Gregorio da Silva (Pesquisador Responsável) _____
Lucio Follador (Doutorando) _____

- j) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa, poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- k) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos responsáveis que o conduzem e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade.
- l) O material obtido – anotações, fichas de cadastro, fichas de dados – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído dentro de 24 meses após o término da mesma.
- m) As despesas necessárias para a realização da pesquisa (fotocópias, materiais para a realização dos testes, etc.) não são de sua responsabilidade. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro. Entretanto, você terá direito ao reembolso de despesas efetuadas com transporte. O valor a ser ressarcido será o equivalente a duas passagens de ônibus, correspondentes aos trajetos de ida e volta dos locais do estudo (Laboratório de Fisiologia do Exercício e Centro de Educação Física e Desportos).
- n) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- o) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

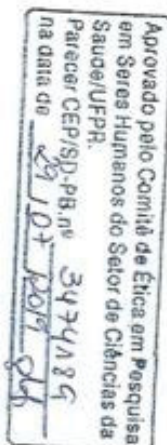
Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, ____ de _____ de 20 ____.

Assinatura do Participante

Sergio Gregorio da Silva – Pesquisador Responsável

Lucio Follador – Doutorando – Aplicador



APÊNDICE 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS HÁBITOS DE TREINAMENTO DE CORRIDA DOS PARTICIPANTES

Diário de Treinamento

Por favor, responda ao questionário abaixo sobre os seus hábitos de treinamento de corrida.

***Obrigatório**

1. Nome completo *

1. Há quantos anos (e meses) você é corredor(a)? *

2. Considerando os últimos 12 meses, qual foi o seu melhor tempo (em minutos e segundos) na prova de 5 km? *

3. Considerando os últimos 12 meses, qual foi o seu melhor tempo (em minutos e segundos) na prova de 10 km? *

4. Quantas sessões de corridas contínuas lentas você fez na última semana? *

☐

0

☐

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

☐

Outro:

5. Qual foi o seu pace nas corridas contínuas lentas? *

6. Qual foi a distância total (em quilômetros) de todas as sessões de corridas contínuas lentas na última semana? *

7. Quantas sessões de corridas contínuas rápidas (tempo run) você fez na última semana? *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ Outro: _____

8. Qual foi o seu pace nas corridas contínuas rápidas (tempo run)? *

9. Qual foi a distância total (em quilômetros) de todas as sessões de corridas contínuas rápidas (tempo run) na última semana? *

10. Quantas sessões de treinos intervalados você fez na última semana? *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ Outro: _____

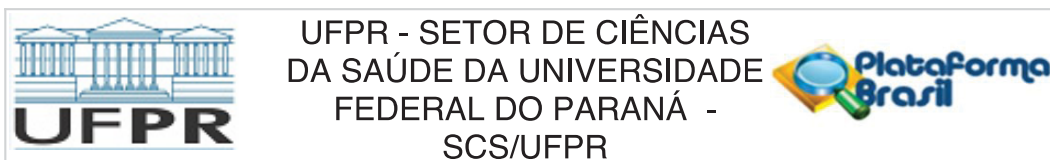
11. Quantos tiros você fez em cada sessão de treino intervalado na última semana? *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ Outro: _____

12. Qual foi o tempo para cada tiro? *

13. Qual foi a distância total (em quilômetros) de todas as sessões de treinos intervalados na última semana? *

ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Um teste submáximo em esteira para a determinação da velocidade crítica

Pesquisador: Sergio Gregorio da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 15102819.5.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.474.189

Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa de doutorado em Educação Física intitulado Um teste submáximo em esteira para a determinação da velocidade crítica do aluno Lucio Follador sob a orientação do Prof. Dr. Sergio Gregorio da Silva.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral:

O objetivo principal deste estudo é desenvolver um teste submáximo em esteira para estimar a velocidade crítica, além de aferir a sua confiabilidade e validade. Um outro propósito deste estudo será explorar possíveis associações entre a velocidade crítica estimada a partir do teste submáximo em esteira e a performance de corredores de rua recreacionais e as variáveis de treinamento destes corredores. Também, serão comparadas as respostas psicofisiológicas durante o exercício de corrida em esteira, em diferentes velocidades prescritas a partir da velocidade crítica estimada no teste submáximo em esteira, em corredores de rua.

Objetivos Específicos

- Medir a confiabilidade de um teste submáximo em esteira para estimar a velocidade crítica.
- Medir a validade do teste submáximo em esteira para estimar a velocidade crítica a partir da sua comparação com protocolos tradicionais de campo, baseados na relação distância-tempo.
- Examinar a relação entre a velocidade crítica estimada a partir do teste submáximo em esteira e os melhores tempos de corredores de rua recreacionais, em provas de 5 km e 10 km.

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.060-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 3.474.189

- Identificar em qual percentual de velocidade, com referência na velocidade crítica, corredores de rua recreacionais percorrem as provas de 5 km e 10 km.
- Examinar a relação entre a velocidade crítica estimada a partir do teste submáximo em esteira e as velocidades adotadas em diferentes tipos de treinamento de corredores de rua recreacionais.
- Verificar possíveis diferenças entre as respostas de frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço e de prazer ou desprazer, em diferentes intensidades de corrida, prescritas a partir da velocidade crítica estimada em um teste submáximo em esteira.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Dentre os riscos inerentes à prática do exercício físico, desconfortos musculares localizados poderão surgir em decorrência das contrações musculares. Destaca-se que este desconforto é um sintoma comum quando uma musculatura é recrutada em diferentes modalidades de exercícios e/ou atividades físicas. Assim, considera-se esta resposta normal e de baixo risco à saúde física/mental do participante.

Caso o participante venha a relatar estes desconfortos musculares, será conduzida uma sessão de alongamentos para musculatura afetada com o intuito de produzir um relaxamento muscular, minimizando assim, os sintomas.

Além disso, o Departamento de Educação Física da UFPR possui convênio médico, o qual será acionado caso necessário.

A proposta deste estudo visa contribuir com a comunidade externa no sentido de propor um teste submáximo em esteira para a determinação da velocidade crítica, confiável e válido, e com alto potencial de aplicabilidade para a prescrição e o controle do exercício físico de caminhada e/ou corrida. Além disso, devido à sua intensidade submáxima, este teste possuirá alta abrangência, podendo ser utilizado em vários segmentos da população, como pessoas com baixo nível de aptidão cardiorrespiratória, com sobrepeso ou obesidade, idosos, pacientes clínicos e atletas.

No nível acadêmico, o estudo proporcionará diversas experiências aos discentes envolvidos, nas quais o conteúdo teórico obtido durante a graduação poderá ser aplicado na prática, favorecendo o processo de ensino-aprendizagem dos mesmos. Além disso, os discentes serão orientados para elaborar relatórios técnicos, artigos/resumos científicos e apresentações em eventos no qual poderão compartilhar as experiências adquiridas.

Por fim, o estudo estará divulgando o Departamento de Educação Física, da Universidade Federal do Paraná à comunidade externa, demonstrando que as ações universitárias contribuem para a

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

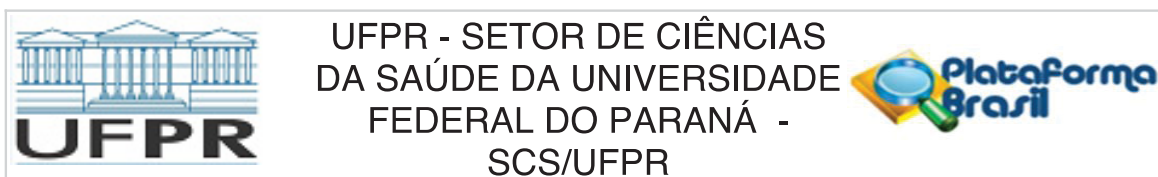
CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 3.474.189

vida dos discentes e da sociedade.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa em nível de doutorado em Educação Física apresenta um tema relevante, está bem fundamentada e encontra-se pautada em vasta bibliografia pertinente à temática abordada. O presente estudo é de caráter transversal, com delineamento ex post facto. No que diz respeito à hipótese, os pesquisadores apresentam que não há. Entretanto, ao longo da leitura do projeto observa-se o que o estudo pretende atingir com a investigação, que é “analisar as contribuições de um teste submáximo em esteira para a determinação de uma velocidade crítica, confiável e com alto potencial de aplicabilidade para a prescrição e o controle de exercícios físicos para pessoas com baixo nível de aptidão cardiorrespiratória, com sobrepeso ou obesidade, idosos, pacientes clínicos e atletas”. A realização de corridas até a exaustão exigem o esforço máximo do indivíduo, o que pode limitar a sua aplicabilidade apenas para indivíduos bem condicionados fisicamente. Considerando as sensações de prazer e desprazer derivadas do exercício possivelmente possa ocorrer uma relação dose-resposta, isto é, quanto mais prazeroso for o exercício, maior será a chance do indivíduo repetir esse comportamento. Os participantes serão recrutados por anúncios impressos fixados em murais de recados públicos, redes sociais na internet, e visita a locais públicos para a prática da corrida, como parques e praças da região de Curitiba. A amostra será constituída de 59 participantes, que atenda aos seguintes critérios: corredores de rua a nível recreacional de ambos os sexos entre 18 a 40 anos, que apresentem tempos de provas, em corrida nas distâncias de 5 km e 10 km, inferiores a 25 min e 55 min, respectivamente, para o sexo masculino; (c) que apresentem tempos de provas, em corrida nas distâncias de 5 km e 10 km, inferiores a 35 min e 65 min, respectivamente, para o sexo feminino; (d) que apresentem um índice de massa corporal (IMC) inferior a 25 kg/m², para ambos os sexos; (e) que esteja treinando corrida regularmente há pelo menos seis meses. A pesquisa será realizada num total de 10 encontros, sendo sete encontros no Laboratório de Fisiologia do Exercício e três encontros na pista de atletismo do Centro de Educação Física e Desportos. Os encontros terão uma duração aproximada de 45 minutos, incluindo todos os procedimentos: recepção, medição de massa corporal e estatura, familiarização com as escalas, explicação dos procedimentos de teste, aquecimento, preparação do equipamento, testagem e “volta à calma” (desaquecimento). Em todos os encontros o pesquisador doutorando Lucio Follador estará presente, acompanhando a realização dos exercícios, além de alunos mestrando em Educação Física. Caso ocorra algum

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

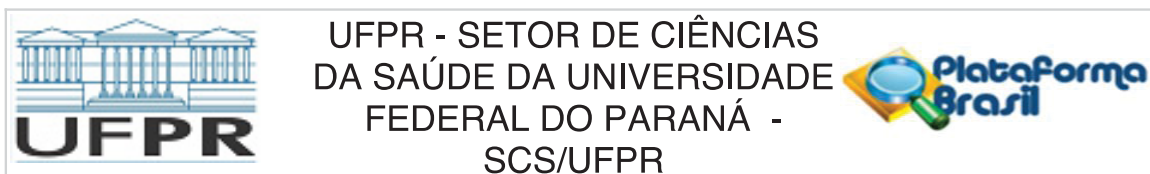
CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 3.474.189

incidente com o participante da pesquisa, será acionado o convênio médico do Departamento de Educação Física da UFPR.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória encontram-se presentes.

Recomendações:

- No 2º parágrafo da página 34 corrigir a palavra “adquiradas” para “adquiridas” – “Além disso, os discentes serao orientados para elaborar relatorios tecnicos, artigos/resumos científicos e apresentacoes em eventos no qual poderao compartilhar as experiencias adquiradas”.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

- É obrigatório retirar na secretaria do CEP/SD uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com carimbo onde constará data de aprovação por este CEP/SD, sendo este modelo reproduzido para aplicar junto ao participante da pesquisa.

*Em caso de projetos com Coparticipantes que possuam Comitês de Ética, seu TCLE somente será liberado após aprovação destas instituições.

O TCLE deverá conter duas vias, uma ficará com o pesquisador e uma cópia ficará com o participante da pesquisa (Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS).

Favor agendar a retirada do TCLE pelo telefone 41-3360-7259 ou por e-mail cometica.saude@ufpr.br, necessário informar o CAAE.

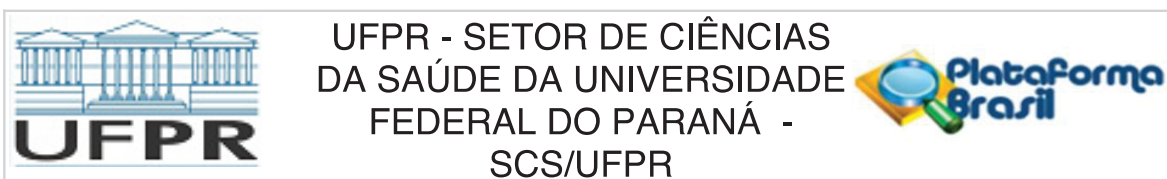
Considerações Finais a critério do CEP:

Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo.

Emenda – ver modelo de carta em nossa página: www.cometica.ufpr.br (obrigatório envio)

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar	
Bairro: Alto da Glória	CEP: 80.060-240
UF: PR	Município: CURITIBA
Telefone: (41)3360-7259	E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 3.474.189

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1316415.pdf	08/07/2019 08:03:11		Aceito
Outros	Resposta_pendencias.docx	08/07/2019 07:56:46	Lucio Follador	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Corrigido.docx	08/07/2019 07:53:48	Lucio Follador	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_Corrigido.docx	08/07/2019 07:50:32	Lucio Follador	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	04/06/2019 12:25:47	Lucio Follador	Aceito
Outros	Ata_Homologacao.pdf	03/06/2019 16:52:17	Lucio Follador	Aceito
Outros	Check_List_Documental_2019.pdf	03/06/2019 09:07:56	Lucio Follador	Aceito
Outros	Analise_Merito_Exame_Qualificacao_Doutorado.pdf	03/06/2019 09:05:08	Lucio Follador	Aceito
Outros	DECLARACAO_USO_ESPECIFICO_DADOS_COLETADOS.docx	03/06/2019 08:24:41	Lucio Follador	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.docx	03/06/2019 08:16:26	Lucio Follador	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_COMPROMISSO_EQUIPE_PESQUISA.docx	03/06/2019 08:14:06	Lucio Follador	Aceito
Outros	Concordancia_dos_servicos_envolvidos.pdf	03/06/2019 08:11:15	Lucio Follador	Aceito
Outros	Carta_encaminhamento_pesquisador_CEP.docx	03/06/2019 08:08:32	Lucio Follador	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	03/06/2019 08:03:42	Lucio Follador	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

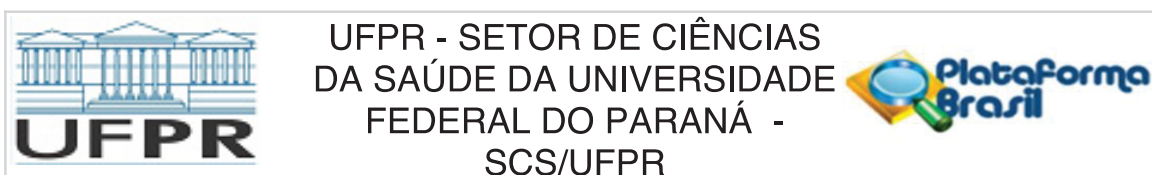
CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br



Continuação do Parecer: 3.474.189

CURITIBA, 29 de Julho de 2019

Assinado por:
IDA CRISTINA GUBERT
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - 1º andar

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

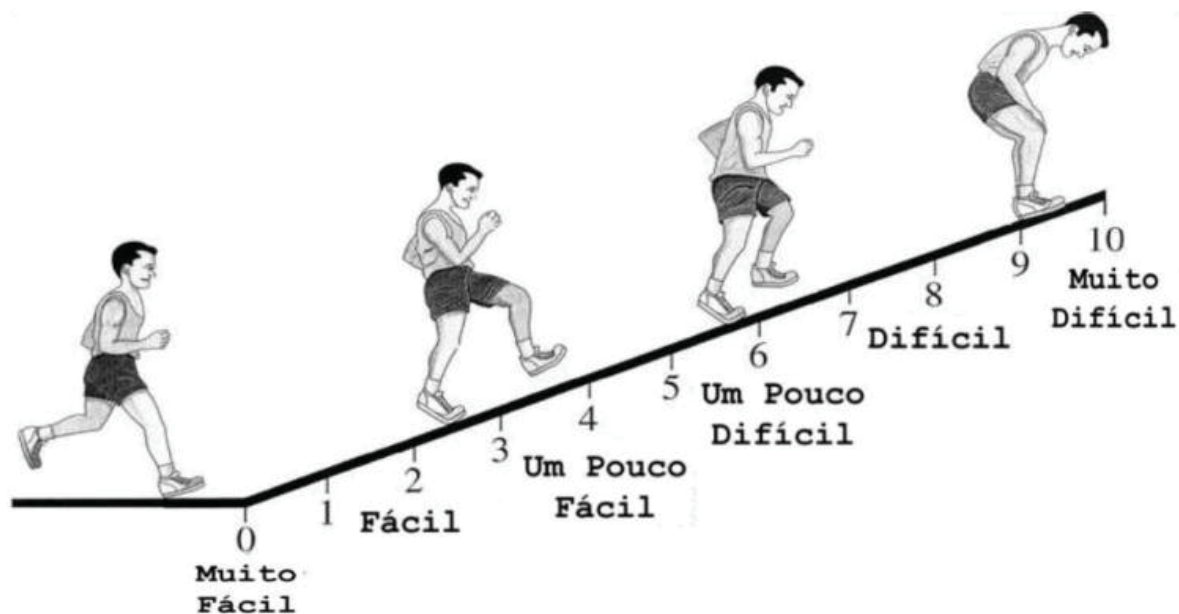
Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

**ANEXO 3 - ESCALA DA PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO PARA
CAMINHADA/CORRIDA OMNI-WALK/RUN**

Escala de Percepção Subjetiva de Esforço para Caminhada / Corrida - OMNI



ANEXO 4 - ESCALA DE SENSAÇÃO

ESCALA DE SENSAÇÃO**+5 Muito bom****+4****+3 Bom****+2****+1 Razoavelmente bom****0 Neutro****-1 Razoavelmente ruim****-2****-3 Ruim****-4****-5 Muito ruim**